FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1960

THÈSE

N° 40

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ÉTAT

PAR

JARDEL Jean-Claude

né le 16 octobre 1932 à Ivry-sur-Seine (Seine)

Présentée et soutenue publiquement le :

ETUDE et REALISATION

d'un CAPTEUR de CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE,

et TENTATIVE de CORRELATION METEORO-PATHOLOGIQUE

dans le CADRE du DEVELOPPEMENT

du CENTRE BRIANCONNAIS de RECHERCHES BIO-CLIMATIQUES.

Président : Monsieur DOGNON, Professeur

ÉDITIONS A. G. E. M. P. — 8, RUE DANTE · PARIS-Ve

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1960

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

DIPLOME D'ÉTAT

PAR

JARDEL Jean-Claude

né le 16 octobre 1932 à Ivry-sur-Seine (Seine)

Présentée et soutenue publiquement le :

ETUDE et REALISATION

d'un CAPTEUR de CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE,

et TENTATIVE de CORRELATION METEORO-PATHOLOGIQUE

dans le CADRE du DEVELOPPEMENT

du CENTRE BRIANCONNAIS de RECHERCHES BIO-CLIMATIQUES.

Président : Monsieur DOGNON, Professeur

ÉDITIONS A. G. E. M. P. — 8, RUE DANTE - PARIS-Ve

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

PROFESSEURS

15-1-59

15-1-59

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. Aubin (A.), Bénard (H.), Brocq (P.), Bulliard (H.), Cadenat (F.), Chabrol (E.), Champy (C.), Chevallier (P.), Debré (R.), Donzelot (E.), Gastinel (P.), Guillain (G.), Halphen (E.), Harvier (P.), Hazard (R.), Heuyer (G.), Lantuejoul (P.), Laroche (G.), Laubry (C.), Lévy-Solal (E.), Lhermitte (J.), Lian (C.), Loeper (M.), Marion (G.), Mathieu (P.), Mocquot (P.), Mondor (H.), Monod (R.), Moreau (R.), Mulon (P.), Olivier (E.), Richet (C.), Strohl (A.) Tanon, (L.), Velter (E.).

DOYEN . . . . . Léon **BINET.**
Membre de l'Institut

ASSESSEUR . . . . . Jean **VERNE.**

I. — PROFESSEURS

		MM.
Anatomie		CORDIER (G.)
Anatomie (Chaire à titre personnel)		DELMAS (A.)
Anatomie pathologique		DELARUE (J.)
Anesthésiologie		BAUMANN (J.)
Bactériologie		FASQUELLE (R.)
Biochimie médicale		JAYLE (M. F.)
Biologie appliquée à l'Education physique et aux Sports		CHAILLEY-BERT (P.)
Biologie médicale		FAUVERT (R.)
Cancérologie médicale et sociale		BERNARD (J.)
Clinique carcinologique (Inst. G. Roussy)		REDON (H.)
Clinique cardiologique (Broussais)		MOUQUIN (M.)
Cliniques chirurgicales	Beaujon	SICARD (A.)
	Cochin	QUÉNU (J.)
	Hôtel-Dieu	MÉNÉGAUX (G.)
	Saint-Antoine	GOSSET (J.)
	Salpétrière	MOULONGUET (P.)
Clinique de chirurgie infantile et orthopédique (Enfants-Malades)		FÈVRE (M.)
Clinique chirurgicale orthopédique et réparatrice (Cochin)		MERLE D'AUBIGNÉ (R.)
Clinique de chirurgie cardio-vasculaire (Broussais)		GAUDART-D'ALLAINES (F. de)
Clinique de chirurgie pleuro-pulmonaire (Laënnec)		MATHEY (J.)
Clinique endocrinologique (Pitié)		DECOURT (J.)
Clinique génétique médicale (Enfants-Malades)		LAMY (M.)
Clinique gynécologique (Broca)		FUNCK-BRENTANO (P.)
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques (St-Louis)		DEGOS (R.)
Clinique des maladies des enfants (Enfants-Malades)		CATHALA (J.)
Clinique des maladies infectieuses (Claude-Bernard)		MOLLARET (P.)
Clinique des maladies mentales et de l'encéphale (Ste-Anne)		DELAY (J.)
Clinique des maladies métaboliques (Necker)		HAMBURGER (J.)
Clinique des maladies du sang (Broussais)		MARCHAL (G.)
Clinique des maladies du système nerveux (Salpétrière)		ALAJOUANINE (T.)
Cliniques médicales	Broussais	GENNES (L. de)
	Cochin	JUSTIN-BESANÇON (L.)
	Hôtel-Dieu	BARIÉTY (M.)
	Lariboisière	SOULIÉ (P.)
	Pitié	DREYFUS (G.)
	St-Antoine	KOURILSKY (R.)
Clinique médicale d'hydrologie thérapeutique et climatologie (Bichat)		DEBRAY (C.)
Clinique médicale propédeutique		PASTEUR VALLERY-RADOT (L.)
Clinique médico-sociale du diabète sucré et des maladies de la nutrition (Hotel-Dieu)		DEROT (M.)
Clinique de neuro-chirurgie (Pitié)		PETIT-DUTAILLIS (D.)
Cliniques obstétricales	Baudelocque	LACOMME (M.)
	Port-Royal	N...
	Tarnier	VARANGOT (J.)
Clinique ophtalmologique (Hôtel-Dieu)		RENARD (G.)
Clinique oto-rhino-laryngologique (Lariboisière)		AUBRY (M.)
Clinique de pédiatrie Sociale (Enfants-Malades)		MARIE (J.)
Clinique de pneumo-phtisiologie (Laënnec)		BERNARD (E.)
Clinique psychiatrique infantile (Salpétrière)		MICHAUX (L.)
Clinique de puériculture (St-Vincent-de-Paul)		LELONG (M.)
Clinique de rhumatologie médicale et sociale (Cochin)		COSTE (F.)
Clinique stomatologique (Pitié)		DECHAUME (M.)
Clinique thérapeutique chirurgicale (Vaugirard)		SÉNÈQUE (J.)
Clinique thérapeutique médicale (St-Antoine)		LEMAIRE (A.)
Clinique urologique (Cochin)		FEY (B.)
Electrophysiologie médicale (chaire à titre personnel)		DJOURNO (A.)
Embryologie		GIROUD (A.)
Histoire de la médecine et de la chirurgie		N...
Histologie		VERNE (J.)
Hygiène des collectivités (chaire à titre personnel)		DEPARIS (M.)

	MM.
Hygiène et clinique de la première enfance (Trousseau)	TURPIN (R.)
Hygiène et médecine préventive	JOANNON (P.)
Médecine du Travail	DESOILLE (H.)
Médecine légale	PIÉDELIÈVRE (R.)
Parasitologie	GALLIARD (H.)
Pathologie chirurgicale	COUVELAIRE (R.)
Pathologie exotique	LAVIER (G.)
Pathologie expérimentale et comparée	LENÈGRE (J.)
Pathologie humorale et immunologie expérimentale (chaire à titre personnel)	MERKLEN (F.-P.)
Pathologie médicale	N...
Pathologie et thérapeutique générales	GARCIN (R.)
Pharmacologie et matière médicale	CHEYMOL (J.)
Physiologie	BINET (L.)
Physiologie (chaire à titre personnel)	BARGETON (D.)
Physique médicale	DOGNON (A.)
Radiologie médicale	DESGREZ (H.)
Technique chirurgicale	PATEL (J.)
Thérapeutique	BROUET (G.)

II. — PROFESSEURS SANS CHAIRE, PROFESSEURS AGRÉGÉS ET MAITRES DE CONFÉRENCES - AGRÉGÉS

	MM.
Anatomie	CABROL (C.) COUINAUD (C.) OLIVIER (G.)
Anatomie pathologique	GAUTHIER-VILLARS (Mlle P.) pr. s. ch. BUSSER (F.) GOUYGOU (Ch.) ORCEL (L.) PAILLAS (J.)
Anesthésiologie	VOURC'H (G.)
Bactériologie	NÉVOT (A.) pr. s. ch. BARBIER (P.) CHRISTOL (D.) TOURNIER (P.)
Biochimie médicale	DESGREZ (P.), pr. s. ch. POLONOSKI (J.), m. conf. SCHAPIRA (G.), m. conf.
Biologie médicale	BOURLIÈRE (F.), m. conf.
Carcinologie	DENOIX (P.) MATHE (G.)
Dermato-Syphiligraphie	DUPERRAT (B.)
Electro-Radiologie	LEDOUX-LEBARD (G.)
Embryologie	TUCHMANN-DUPLESSIS (H.)
Hématologie	BILSKI-PASQUIER (G.) DAUSSET (J.)
Histologie	COUJARD (R.) pr. s. ch. MAROIS (M.) RACADOT (J.)
Hydrologie	CORNET (A).
Hygiène	BOYER (J.), pr. s. ch. CORRE-HURST (Mme L.)
Maladies infectieuses	BASTIN (R.) DUPONT (V.)
Médecine légale	DEROBERT (L.), pr. s. ch. HADENGUE (A.) FOURNIER (E.) GUENIOT (M.)
Médecine du travail	ALBAHARY (C.)
Neuro-chirurgie	DAVID (M.)
Neurologie	LHERMITTE (F.)
Obstétrique	GRANJON (A.) HERVET (E.) LE LORIER (G.) MORIN (P.) MUSSET (R.) ROBEY (M.) THOYER-ROZAT (J.)
Ophtalmologie	BRÉGEAT (P.) SARAUX (H.)
Orthopédie	JUDET (R.) RAMADIER (J.)
Oto-rhino-Laryngologie	DEBAIN (J.)
Parasitologie	BRUMPT (L.C.), pr. s. ch. CHABAUD (A.)
Pathologie chirurgicale	BARCAT (J.) BINET (J.-P.) CAUCHOIX (J.) CHATELIN (C.-L.) DUBOST (Ch.) DUBOST (Cl.) FAUREL (J.) FLABEAU (F.) GERMAIN (A.) LAURENCE (G.) agr. per. LORTAT-JACOB (J.-L.) LOYGUE (J.) MERCADIER PERROTIN (J.) ROBERT (H.) THOMERET (G.)
Pathologie exotique	SCHNEIDER (J.)
Pathologie expérimentale	CROSNIER (J.) HARTMANN (L.) LŒPER (J.) MAURICE (J.) PLAS (F.) RICHET (G.)
Pathologie médicale	AUSSANNAIRE (M) BOUR (H.) BOUVIER (J.) BOUVRAIN (Y.) BRICAIRE (H.) BRISSAUD (H.) BROCARD (H.) BUGE (A.) CASTAIGNE (P.), m. conf. CATINAT (J.) CONTAMIN (F.) COURY (C.) FREZAL (J.) HOUSSET (E.) LAROCHE (Cl.) LESOBRE (R.) MACREZ (C.) NICK (J.) PEQUIGNOT (H.) m. conf. ROYER (P.) WOLFROMM (R.)

	MM.
Pédiatrie-Puériculture	JOSEPH (R.) MANDE (R.) MOZZICONACCI (P.) POLONOVSKI (C.) ROSSIER (A.)
Pharmacologie	LEVY (Mlle J), pr. s. ch. BOISSIER (J.) LECHAT (P.)
Physiologie	PARROT (J.), pr. s. ch. DEJOURS (P.)
Physique médicale	GOUGEROT (L.), m. conf.

	MM.
Pneumo phtisiologie	KREIS (B.)
Psychiatrie	PICHOT (P.)
Psychiatrie infantile	DUCHÉ (D.)
Rhumatologie	DELBARRE (F.)
Stomatologie	CERNÉA (P.) CHAPUT (Mme A.), m.c. agr. GRELLET (M.)
Thérapeutique	CHASSAGNE (P.) LAMOTTE (M.)
Urologie	QUENU (L.)

III. — PROFESSEURS SANS CHAIRE ET AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

à titre permanent.

	MM.
Clinique chirurgicale	ABOULKER (P.) AMELINE (A.) HUGUIER (J.) LÉGER (L.) OLIVIER (C.) PADOVANI (P.) POILLEUX (F.) ROUX (M.) VERNE (J.-M.)
Clinique médicale	HAGUENEAU (J.), pr. s. ch. BOUDIN (G.) CONTE (M.) DOMART (A.) MILLIEZ (P.) PERRAULT (M.) RAMBERT (P.) THIEFFRY (S.) TURIAF (J.)

	MM.
Clinique neuro-rhumatologique	SÈZE (S. de)
Clinique obstétricale	GRASSET (J.) LEPAGE (F.) MAYER (M.) MERGER (R.) RAVINA (J.)
Clinique ophtalmologique	DESVIGNES (P.) OFFRET (G.)
Clinique oto-rhino-laryngologique	MADURO (R.)
Clinique pédiatrique et puériculture	LAPLANE (R.)
Clinique psychiatrique	BARUK (H.)
Clinique urologique	KUSS (R.)

IV. — PROFESSEURS DÉTACHÉS DANS LES UNIVERSITÉS ÉTRANGÈRES

Bactériologie	HAUDUROY (P.) Pr. s. ch.
Biochimie médicale	ETTORI (J.) Pr. à t. pers.
Pathologie chirurgicale	RUDLER (J.) Pr. s. ch.

Secrétaire général de la Faculté	M. LENA (J.)
Secrétaires	Mme BEURLAND (H.), Mlle CHAINTREUIL (G.), Mlle HURÉ (A.)

Conservateur, chargé de la direction de la Bibliothèque	M. le Docteur HAHN (A.)
Conservateurs	Mlles DUMAITRE (P.), GOICHON (A-M.)
Bibliothécaires	Mme CONTET (J.), Mlles LAURENT (H.,) LE NOIR (G.), QUIÉVREUX (E.)

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considerées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A mes grands-parents,

A mes parents,

dont les sacrifices successifs ont
abouti à faire de moi un médecin,

A mes beaux-parents,

qui m'ont apporté une aide précieuse
dans la réalisation de ce travail,

A ma femme, A mon fils,

en témoignage de toute mon affection,

A ma soeur, A mes oncles et tantes,

A toute ma famille, et à mes amis

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41556011_0010

A Monsieur le Professeur DOGNON,

qui m'a fait le grand honneur d'accepter
de présider cette thèse.

A BRIANCON,

A Monsieur le Docteur LEPOIRE

Médecin-Chef de l'Hôpital de Briançon

Président du Centre Briançonnais
de Recherches Bio-Climatiques.

Mon Maître,

dont la compétence, la fermeté et la persuasion ont permis de conduire cette recherche.

Il m'a constamment guidé et soutenu.

Profondément attaché à Briançon, il m'a amené à connaître et apprécier tous les aspects de cette région.

A Monsieur WAGNER

Directeur du Centre de la Météorologie Nationale d'Embrun.

dont l'Amitié et les conseils m'ont été d'un grand secours.

A Messieurs les Directeurs des Etablissements de soins et de cure de Briançon,

tout particulièrement à Messieurs les Docteurs AUDOYE, LUCIEN, MOREL,

ainsi qu'à leurs adjoints

qui m'ont fait l'honneur de s'intéresser à mes travaux, et m'ont communiqué les données grâce auxquelles a pu être entreprise une étude statistique.

ETUDE et REALISATION

d'un CAPTEUR de CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE,

et TENTATIVE de CORRELATION METEORO-PATHOLOGIQUE

dans le CADRE du DEVELOPPEMENT

du CENTRE BRIANCONNAIS de RECHERCHES BIO-CLIMATIQUES.

P L A N

SECTION 1

Climat et Pathologie

Chapitre 1 : Introduction

Chapitre 2 : Briançon - Ses éléments climatologiques

Chapitre 3 : Principales indications thérapeutiques du climat briançonnais.

Chapitre 4 : Notre choix d'une étude météoro-pathologique

SECTION II

Capteur enregistreur du champ électrique terrestre

Chapitre 1 : Généralités

Chapitre 2 : Principe du capteur modulateur de champ

Chapitre 3 : Avantages procurés par divers perfectionnements
Description de notre appareillage.

SECTION III

Etude Météoro-Pathologique

Chapitre 1 : Etude directe et description des évènements météoro-pathologiques.

Chapitre 2 : Recherche directe d'une corrélation évidente.

Annexe : Calcul d'un coefficient de corrélation.

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

SECTION 1

CLIMAT ET PATHOLOGIE

---

1 - Introduction

2 - BRIANCON - Ses éléments climatologiques

3 - Principales indications thérapeutiques du climat briançonnais

4 - Notre choix d'une étude météoro-pathologique

INTRODUCTION

HIPPOCRATE semble avoir été le véritable fondateur de la météoro-pathologie. Dans son Traité "Des eaux, des Airs, et des Lieux", il en expose la pr emière étude scientifique.

Cette Science est à l'heure actuelle en plein développement, après avoir connu des fortunes diverses.

Les Anciens recherchaient, dans les facteurs atmosphériques, astronomiques, et même astrologiques, les causes des maladies. L'étude des facteurs extérieurs perceptibles aux sens des individus, les frappant dans leurs croyances, était la seule recherche causale.

Parmi les noms les plus célèbres, nous citerons GALIEN (Traités "des Tempéraments" et "des Humeurs") TORRICELLI, KEPLER, PASCAL, dont les inventions et découvertes auraient permis de mieux connaître les effets des éléments si "l'opinion des beaux esprits de l'époque n'avait attribué une valeur de plus en plus grande aux droits de la Raison sur la Nature vaincue".

Cependant le XVIIIème siècle restaure, grâce à des Philosophes, tels que J.J. ROUSSEAU, l'Amour de la Nature ; et l'on voit même des Auteurs : CABANIS, COTTE, (1774), publier des ébauches d'études climatologiques.

Le début du XIXème siècle voit l'apparition de la méthode scientifique avec des hommes tels que LAENNEC, TROUSSEAU (Traité de Thérapeutique) BERARD (1823, Doctrine des rapports du physique et du moral), GEORGET (Physiologie du Système nerveux : "L'Espèce humaine est une et les variations qu'elle présente sont l'oeuvre des climats").

CAUVIN, DENOYER, GIRARD, étudient Altitudes, Vents, Saisons, Bains de mer, etc.... et pensent que ces éléments ont des relations avec les "Inflammations".

JOURDANET, CHAMPOUILLON, ARNAULD, écrivent des ouvrages spécialisés dans cette branche.

LE VERRIER constitue en France le premier réseau d'observations météorologiques télégraphiées.

Les médecins font écho à ces enquêtes, et FINES, de Perpignan, appelle en 1869 "Météorologie Médicale" la "Science des Phénomènes qui se passent dans la masse gazeuse qui nous enveloppe" et des "Impressions physiologiques et pathologiques que nous en éprouvons".

L'Ere Pasteurienne vient alors bouleverser toutes ces recherches qui sont subitement pratiquement abandonnées. On découvre les agents pathologiques spécifiques et très vite on oublie que ceux-ci sont souvent exaltés par certaines températures ou intempéries.

Cependant, l'origine de certaines affections reste mystérieuse Les progrès de la Physique, de la Physiologie, de la Médecine expérimentale, permettent alors à la Météoro-pathologie et à la Psycho-météoro-pathologie de reprendre l'essor auquel nous assistons.

En Juillet 1957, ayant satisfait à nos examens de Vème année de médecine, nous devions choisir le lieu de notre stage interné de 6ème année. Las de la vie trépidante et du climat oppressant de la Capitale, nous décidâmes d'aller travailler pendant un an sous des cieux dont la réputation climatique était grande. Notre choix se porta sur BRIANCON et, par bonheur, nous obtînmes le poste alors vacant de stagiaire interné de l'Hôpital Civil.

Immédiatement Monsieur le Docteur LEPOIRE, Médecin-Chef, nous entretînt du Centre Briançonnais de Recherches Bio-climatiques. Ce Centre, dont la fondation était toute récente, désirait qu'un stagiaire interné de l'Hôpital commençât les recherches pour lesquelles il avait été créé. Le Docteur LEPOIRE nous proposa un travail sur l'Electricité Atmosphérique, et pour des raisons sur lesquelles nous reviendrons plus loin, nous préférâmes aborder ce programme par l'étude du Champ électrique terrestre plutôt que par celle de l'ionisation.

BRIANCON - Ses éléments climatologiques.

Sur les hautes montagnes où l'air est pur et subtil, on se sent plus de facilité dans la respiration, plus de légèreté dans le corps, plus de sérénité dans l'esprit.....

Je doute qu'aucune agitation violente, aucune maladie de vapeur put tenir contre pareil séjour prolongé et je suis surpris que des bains de l'air salutaire et bienfaisant des montagnes ne soient pas un des grands remèdes de la médecine et de la morale.

J.J. ROUSSEAU
(La nouvelle Héloïse. Lettre XXIII)

De par sa situation géographique :

- 44°55' de latitude Nord

- 4°18' de longitude Est du méridien de Paris, juste au sud de la limite climatique définie par BENEVENT, BRIANCON associe, dans son climat, certains des attraits des Alpes du Sud et certains avantages des Alpes du Nord proches.

Le microclimat briançonnais est conditionné par plusieurs facteurs :

- 1°, l'altitude : 1 200 à 1 400 mètres, la ville la plus haute d'Europe.

- 2°, la position de la station au point de jonction de 3 vallées :

Ayant défini le facteur atmosphérique à étudier, nous décidâmes naturellement d'essayer de tirer des corrélations entre les accidents du champ électrique terrestre et des événements pathologiques pouvant survenir chez les malades et convalescents de la station. Il semblait à l'origine que cette étude des cas pathologiques serait la partie la plus facile du travail. En effet nous disposions à Briançon de plus de 3 OOO malades ou convalescents répartis en de nombreux établissements. Ces sujets, du fait de leur affection, sont beaucoup plus "météorolabiles" que les sujets sains qui sont, pour la majorité, "météorostables".

On verra plus loin que si la mise au point de notre appareillage fût difficile, et aussi longue que nous le pensions, le recensement des cas pathologiques nous a causé bien des déceptions. Au bout de 2 ans, ce problème est loin d'être résolu de façon efficace.

Naturellement, dès le début de notre étude, il est apparu, que devions connaître de la façon la plus complète les caractéristiques microclimatiques et les indications thérapeutiques de la Station.

- la Haute Durance (Névache et Montgenèvre)

- la Basse Durance

- la Guisanne (Lautaret)

- 3°, la topographie locale, bonne pour l'ensoleillement

Conséquences de ces facteurs :

- le bleu profond du ciel, qui témoigne de la siccité de l'atmosphère,

- le climat rude et vivifiant,

- la lumière intense qui, dans l'air d'une pureté remarquable, donne à chaque relief une présence étonnante,

font l'un des attraits les plus frappants du Briançonnais.

Traduisant l'effet de l'altitude, la pression barométrique, subit une diminution sensible. (Valeur théorique 630 mm de mercure, soit 840 millibars). La masse atmosphérique étant moins épaisse, les radiations solaires sont moins absorbées. Cette absorption est d'environ 1/6 plus faible qu'au niveau de la mer.

D'après Mr. Henri JARLAN, l'éclairement par le soleil, au zénith, d'une surface placée horizontalement, au niveau de la mer, est de 103 000 lux.. Il serait de 134 000 lux s'il n'y avait pas absorption de lumière dans la traversée de l'atmosphère. Le calcul théorique montre qu'à BRIANCON une surface horizontale éclairée par un soleil à 45 degrés au-dessus de l'horizon reçoit 69 000 lux. La même surface, au niveau de la mer, et dans les mêmes conditions recevrait seulement 64 000 lux.

Mais ce calcul ne tient nullement compte de l'absorption (lumineuse, et infra-lumineuse) par la vapeur d'eau, les poussières, etc.... L'atmosphère Briançonnaise, particulièrement sèche et dépourvue de poussières, est très favorable à la bonne pénétration des radiations. Une étude approfondie de ces facteurs reste à faire et le Centre Briançonnais de Recherches Bio-climatiques se propose d'y contribuer.

L'étude de la durée de l'ensoleillement (statistiques relatives à la Climatologie de la France, mesures ramenées par le calcul à la période 1926-1945, Mémorial Sanson n° 30) donne une moyenne de 2345 heures de soleil par an se répartissant ainsi :

Sanson n° 30 donne une moyenne de 2345 heures de soleil par an se répartissant ainsi :

Janvier	154	Avril	210	Juillet	289	Octobre	158
Février	169	Mai	239	Août	231	Novembre	127
Mars	176	Juin	256	Septembre	191	Décembre	145

Or l'ensoleillement maximum possible de Briançon (calculé naturellement à l'endroit où les mesures ont été faites) est de 3650 heures par an, l'écran montagneux retardant le lever et avançant le coucher du soleil. La fraction d'insolation qui est le rapport :

$$\frac{\text{ensoleillement réel}}{\text{ensoleillement maximum possible}}$$

est donc le coefficient qui caractérise le mieux l'ensoleillement d'un lieu.

Pour BRIANCON ce coefficient est : 0, 642

Voici à titre de comparaison quelques chiffres :

Ville	heures de soleil par an	Fraction d'insolation
Paris (Le Bourget)	1715 heures	0, 40
St. Hilaire-du-Touvet	2008 heures	
Antibes	2759 heures	0, 63
Toulon	3017 heures	0, 685

Concordant avec ces chiffres la nébulosité est faible. Mr. Péguy donne une moyenne annuelle inférieure à 6/10. Nous avons trouvé pour 1958, 4, 75/10 (4, 5/10 pour le matin et 5/10 pour le soir).

Les brouillards, particulièrement rares, sont diversement appréciés par les auteurs : 16 par an selon Mr. Péguy
3 par an selon Mr. Piery

En effet une incertitude peut régner sur la qualification météorologique du brouillard ; ici se confondent brouillards véritables et nuages (perturbations). Nous pensons personnellement que le véritable brouillard n'existe que très rarement à Briançon. Nous avons noté en 1958 neuf cas de visibilité inférieure à 1 000 mètres. Ces phénomènes ont été surtout observés au printemps et en automne. Ils sont de courte durée car les vents, très fréquents à Briançon, ont vite fait de nettoyer les vallées.

Les vents suivent les directions des vallées.

Le vent d'Ouest est dominant (46 % des vents)

La "Lombarde", vent du Nord-Est, descendant du col du Montgenèvre, est très importante pour le microclimat. En effet ce vent a souvent des caractères de foehn et il réchauffe alors sensiblement la station. Une étude des températures nous montre qu'elles ne subissent pas les fortes variations saisonnières que pourrait faire craindre l'altitude. (Les chiffres donnés ci-dessous sont des valeurs moyennes portant sur la période 1948-1958 inclus)

Températures moyennes mensuelles des minima et maxima sous abri :

Janvier	- 5°, 3 ; 4°, 6	Juillet	9°, 8 ; 23°, 7
Février	- 5°, 2 ; 4°, 8	Août	9°, 6 ; 22°, 9
Mars	- 1°, 9 ; 9°, 5	Septembre	7°, 3 ; 20°, 3
Avril	0°, 9 ; 11°, 7	Octobre	4°, 1 ; 15°, 5
Mai	4°, 8 ; 16°, 1	Novembre	- 0°, 7 ; 9°, 2
Juin	7°, 7 ; 20°, 0	Décembre	- 3°, 4 ; 5°, 6

Températures absolues.

Les températures minimales les plus basses se produisent le plus fréquemment au mois de FEVRIER.

Les températures maximales les plus élevées se produisent le plus fréquemment en JUILLET.

Amplitude thermique absolue mensuelle maximale

Elle varie remarquablement peu de 22°, 0 en novembre comme minimum à 26°, 9 en mars comme maximum.

L'amplitude thermique absolue annuelle maximale (moyenne sur 11 ans) est de 44°, 6, chiffre beaucoup plus bas que celui auquel on pourrait s'attendre.

C'est d'ailleurs dans la répartition des jours froids que ceci est encore plus nettement mis en évidence. En éffet si les gelées sous abri sont au nombre annuel moyen de 140 (octobre 4, novembre 18, décembre 28, janvier 29, février 26, mars 21, avril 13, mai I), les jours de grand froid (températures égales ou inférieures à - 10°) sont très peu nombreux, 7 à 29 par an suivant les années. (Chamonix : plus de 40)

La moyenne annuelle du nombre des jours sans dégel est de 15 pour Briançon contre 35 à Chamonix et 41 à Villard de Lans.

Comme les grands froids, les fortes chaleurs (températures égales ou supérieures à 30°) sont très rares, ne se produisant qu'une fois ou deux dans l'année, le plus souvent en juillet.

La caractéristique des hauteurs des précipitations est qu'elles sont très variables d'une année à l'autre. Nous avons relevé par exemple 1089 mm en 1951 et 363 mm en 1953.

La moyenne annuelle (1948-1958 inclus, documents E.D.F.) nous donne 718, 7 mm.

La répartition quantitative nous montre qu'en moyenne la pluviosité du mois de juillet est la plus basse de l'année, tandis que celle des mois de février, et novembre est la plus élevée.

(Cependant la variabilité de la répartition de ces extrêmes quantitatifs au cours des années étudiées nécessite que l'on signale que le mois de mars partage avec le mois de juillet, le plus souvent, le caractère de mois les plus secs de l'année. (fréquence : 27 %). Pour la même raison, février, novembre et décembre jouissent également de la fréquence la plus élevée dans l'abondance des précipitations (fréquence : 18 %)

La répartition qualitative des précipitations (ayant donné au minimum 0, 1 mm par 24 h.) nous montre que ce sont les mois de mai et novembre qui présentent les caractères de mois les plus pluvieux de l'année (fréquence 27 %). D'autre part, février et avril comportent le plus fréquemment le nombre de jours de précipitation le plus faible de l'année.

(Cette conclusion en ce qui concerne février, rapprochée de son caractère maximal quantitatif, souligne bien le fait que c'est durant ce mois que se produisent le plus fréquemment les Fortes chutes de neige).

Cependant, la répartition qualitative des précipitations nous montre un fait beaucoup plus important : annuellement et en moyenne on a relevé 99, 5 jours de précipitation. A titre indicatif voici les chiffres correspondants pour quatre villes françaises : Paris, 171 jours, Lille, 176 jours, Lille, 176 jours, Angers, 138 jours et enfin Nice, 78 jours.

En outre, si nous avons noté en 1958 un total de 126 jours de précipitation, celles-ci n'ont été observées que 55 fois entre 9 h. et 18 h. heures entre lesquelles se déroulent habituellement les activités extérieures.

La neige apparaît chaque année vers la fin octobre mais il faut attendre décembre pour la voir recouvrir le sol de façon durable. Elle forme alors un manteau épais qui tient jusqu'au mois de mars. Calculée sur la période 1948-1952 inclus, voici la répartition des nombres de jours mensuels moyens où le sol a été totalement ou plus qu'à moitié couvert de neige au poste météorologique :

NOV : 9 - DEC : 23 - JAN : 25 - FEV : 21 - MARS : 13 - AVR : 4 -

Les chutes de neige sont généralement peu nombreuses mais abondantes. Sur la période 1952-1958 inclus nous avons relevé une moyenne de 32 jours par an. (Maximum mensuel en février avec 8, 15 jours de précipitation neigeuse).

L'immense réflecteur immaculé que la neige forme pendant près de quatre mois, allié à la qualité et à la durée exceptionnelle du rayonnement solaire, font de Briançon un centre héliothérapique remarquable. Pour ce qui est de la qualité exceptionnelle du rayonnement solaire, nous avons indiqué plus haut l'un des facteurs de cette qualité : l'altitude. Il en existe un autre, au moins aussi important : la siccité de l'air.

L'hygrométrie n'a pas fait, à notre connaissance, l'objet d'études très poussées mais divers phénomènes nous montrent qu'elle est remarquablement faible. Tout d'abord, les objets métalliques s'oxydent très lentement : "le fer ne rouille pas à Briançon" dit un vieux dicton.... Plus probants sont encore les phénomènes électrostatiques que l'on peut observer couramment. Les matériaux isolants étant remarquablement secs, leur résistance atteint des milliers de méghoms. Les charges électriques acquises par les objets ne peuvent plus alors s'écouler à la terre. Qu'un individu (le plus souvent relié à la terre par ses chaussures, parfois chargé d'électricité de signe contraire s'il en est isolé) approche la main de ces objets. Il ressentira une secousse électrique désagréable.

Personnellement, nous avons constaté, entre nos doigts et certaines chaises, des étincelles de 20 mm.

Ce phénomène qui pourrait passer pour une expérience de physique amusante prend parfois des proportions telles que, par exemple, les employés de l'hôpital en sont gênés pour faire les lits. Autre conséquence : les gaz anesthésiques explosifs sont strictement prohibés en salle d'opération.

Pour conclure cette petite étude du climat briançonnais nous en rappellerons brièvement les principales caractéristiques

- Ensoleillement exceptionnel en qualité et en quantité.

- Ecarts thermiques beaucoup plus faibles que ne le laisserait prévoir un examen de la position géographique et de l'altitude de Briançon

- Rareté des jours de précipitation

- Enneigement prolongé

- Siccité de l'air

Nous étudierons maintenant les principales indications thérapeutiques de Briançon et l'on comprendra aisément ces indications découlant des effets du microclimat de la station, que nous ayions dû présenter celui-ci , tout d'abord.

PRINCIPALES INDICATIONS THERAPEUTIQUES DU CLIMAT BRIANCONNAIS.

De l'exposé que nous venons de faire il ressort que Briançon possède un climat tonique sec dont nous allons voir brièvement les principales indications.

- Deux grandes indications classiques :
  - Tuberculose pulmonaire
  - Asthme infantile
- auxquelles s'ajoutent :
  - Tuberculose ostéo-articulaire
  - Suppurations et syndromes bronchiques secrétants (principalement dilatations des bronches)
  - Convalescences de maladies infectieuses
  - Anémies
- Une contre-indication importante :
  - Insuffisances respiratoires et cardiaques accentuées

On peut dire que c'est la tuberculose pulmonaire qui a "lancé" Briançon en tant que station climatique. L'ère des sanatoria a donné l'essor à toute une ville nouvelle qui ne cesse de se développer depuis trente ans.

Les malades, qui viennent de toute la France, après une courte période d'adaptation où ils doivent être surveillés de plus près, voient leur état général s'améliorer sensiblement. Les sécrétions se tarissent, l'appétit revient, la courbe de poids se met à grimper, tous signes qui, s'accompagnant d'une régression des lésions, peuvent être attribués en grande partie à la cure climatique judicieusement conduite. (L'éxpérience des années ayant précédé la découverte des antibiotiques le prouve abondamment).

Les tuberculoses ostéo-articulaires et viscérales semblent être les indications d'avenir de la station. En effet l'héliothérapie peut être extrêmement développée tout au long de l'année. De nouveaux établissements ont d'ailleurs réservé une partie importante de leurs services à ces formes de tuberculose.

Les bienfaits du microclimat sont étonnants chez l'enfant asthmatique. Au congrès international de l'asthme en 1950 Monsieur le Professeur Pasteur Vallery-Radot déclarait "Dans la presque totalité des cas l'altitude entre 1 000 et 1 800 mètres fait cesser les crises d'asthme et chez l'enfant particulièrement, un séjour très prolongé à la montagne modifie favorablement le terrain asthmatique. Telle est la conclusion la plus importante que tout praticien doit avoir en vue".

Les résultats spectaculaires constatés chez 95 % des enfants asthmatiques envoyés dans la station confirment pleinement ces paroles. Les enfants, véritables infirmes chez eux, deviennent presque magiquement des enfants absolument normaux à Briançon. Une cure climatique prolongée est assez souvent sanctionnée par une guérison durable.

Chez les dilatés bronchiques et les bronchiteux chroniques, la sécheresse extrême de l'air et la pauvreté bien connue de l'atmosphère en germes, provoquent une amélioration remarquable. Il semble que ces malades viendront de plus en plus nombreux à BRIANCON dont les caractères microclimatiques paraissent répondre parfaitement au traitement de leur affection.

Nous avons signalé une contre-indication, concernant les insuffisances pulmonaires et cardiaques accentuées. Il convient de préciser qu'il existe des asthmatiques un peu emphysémateux, des bronchitiques, des silicotiques, et même des cardiaques, voire présentant de mauvais tests fonctionnels, qui peuvent bénéficier du climat briançonnais, la sécheresse et la pureté de l'air présentant des avantages bien supérieurs aux inconvénients de la baisse de tension partielle en oxygène.

NOTRE CHOIX D'UNE ETUDE

METEORO - PATHOLOGIQUE

Voici donc retracées les grandes lignes du climat briançonnais et ses principales indications thérapeutiques. Les mérites de ce climat, connus depuis fort longtemps, n'ont cependant été exploités que depuis une trentaine d'années. En effet les données physiques qui définissent un climat manquaient en grande partie ; elles sont encore fort incomplètes, et c'est sur des bases plus empiriques que scientifiques que reposent encore les connaissances bio-climatiques relatives à la Station.

C'est pourquoi a été créé, il y a quelques années, le Centre Briançonnais de Recherches Bio-Climatiques. Son Président, Mr. Le Docteur F. LEPOIRE, s'est parfaitement rendu compte que les sujets d'études, dans son cadre, seraient très nombreux et nécessiteraient un grand nombre d'observations cliniques et météorologiques. Nous verrons que le plus difficile est d'obtenir des observations cliniques exploitables.

Cependant, et malgré la modicité des ressources budgétaires du Centre, qui ne se peuvent comparer à celles d'autres Centres de Recherches, dont les moyens sont souvent en rapport avec la richesse de la région qu'ils étudient, le Docteur LEPOIRE a voulu que le Centre Briançonnais puisse disposer, le plus tôt possible, d'appareils, et d'installations capables de compléter les informations météorologiques, normalement relevées par les stations dépendant de la Météorologie Nationale et de l'Electricité de France, qui ont bien voulu nous communiquer leurs observations, et que nous mettrons encore à contribution.

Nous avons créé, de toutes pièces, en 1959, un poste météorologique dont nous disposons depuis le mois de novembre 1959 et grâce auquel nous effectuerons les mesures classiques : Température - Pression - Hygrométrie - Anémométrie - Pluviométrie - Solarigraphie. En outre il nous a semblé important de compléter ces informations par une mesure continue de la concentration de l'air atmosphérique en ozone. Nous avons construit, par nos propres moyens, grâce à l'obligeance de Madame VASSY, Chef de Travaux Pratiques - Institut de Physique du Globe, une réplique exacte de l'appareillage qu'elle a étudié et qui est exploité à la station du VAL-JOYEUX. Notre appareil, juste terminé, est encore en cours de mise au point et nous n'en parlons que pour information.

Principalement, nous avons étudié, construit, mis au point, et exploité, un appareillage original pour l'enregistrement continu du champ électrique terrestre. Rappelons que notre but, en créant cet appareillage, était de permettre l'étude d'un facteur atmosphérique peu connu, afin de comparer ses fluctuations à certaines modifications ou apparitions d'états pathologiques chez des malades ou convalescents vivant dans la Station. On pouvait prévoir que le champ électrique terrestre était en relation avec les phénomènes orageux, avec l'ionisation de l'atmosphère. D'autre part, on savait, par des mesures isolées, effectuées par différentes méthodes et par un assez grand nombre de chercheurs, que le champ électrique terrestre en un poste d'observation judicieusement choisi, éloigné de causes perturbatrices évidentes telles que les accidents du relief, peut être représenté par un vecteur vertical (au-dessus d'un sol plan, horizontal, suffisamment étendu, bon conducteur), dont l'intensité moyenne est de 1 à 2 volts/cm mais peut varier et atteindre momentanément des valeurs importantes, de plusieurs centaines de volts/cm ; que ce vecteur est généralement orienté de haut en bas mais qu'il peut prendre l'orientation inverse. Il était évidemment très tentant de compléter les observations météorologiques par la mesure continue de ce Vecteur-Champ.

En effet le syndrome pré-orageux est bien connu chez le nourrisson (NETTER - J. RENAULT - A. LESAGE). Agitation, Anorexie, Insomnie, sont courants chez ces sujets dans les heures qui précèdent les orages. Chez l'adulte on constate également des troubles divers : Céphalées, Insomnies, Angoisses .....
Le Professeur d'ARSONVAL raconte à ce sujet : "Dans la période qui précède l'orage, je me sens oppressé. Ce malaise disparait si je m'installe sur le tabouret isolant en rapport avec le pôle négatif d'une machine électrostatique en action. Il augmente avec le pôle positif".

L'un des médecins de BRIANCON a observé sur lui-même un curieux phénomène : Souffrant, un jour d'orage, d'extrasystoles, il constata que celles-ci se synchronisaient parfaitement avec les parasites atmosphériques détectés par son récepteur de radio.

En étudiant le champ électrique terrestre, nous ne sommes pas sûrs d'étudier un phénomène - cause, ayant une action directe sur les sujets. Ceux-ci, au surplus, séjournent le plus souvent dans des bâtiments (Hôpital Civil, Lycée, Sanatoria, Maisons de repos) formant

de véritables cages de Faraday, à l'intérieur desquelles nous avons pu vérifier que le champ électrique était pratiquement nul et variait par suite très peu.

Les conditions météorologiques extérieures ne tombent pas nécessairement sous les sens des sujets. Cependant ceux-ci sont quelquefois affectés par certaines perturbations du champ. Il semble donc que ces sujets perçoivent, non pas le champ électrique, mais la conductibilité de l'air, directement reliée au champ électrique qui règne à l'extérieur des bâtiments.

Nous avons assisté, dans le laboratoire de Monsieur DEMON, au C.N.R.S. à Meudon, à des expériences qui nous ont montré l'extrême mobilité des ions et la persistance relativement longue du phénomène de l'ionisation.

Des ions émis par une source mettant en oeuvre l'effet Corona, atteignirent en quelques secondes un capteur de champ électrique placé à deux mètres. L'indication de ce capteur subit à ce moment une très importante variation qui subsista bien après l'arrêt de la source d'ions. Il fallut purger l'air de la pièce, en créant un courant d'air pour pouvoir entreprendre la seconde expérience dans laquelle la source d'ions fût placée dans une pièce distincte, séparée du laboratoire par une porte maintenue fermée. Il fût évident que les ions parvenaient tout de même mais plus lentement au capteur et que les interstices des feuillures étaient le chemin de cette migration.

SCHILLING et CARSON (1953), SCHILLING et HOLZER (1954) ont traité de ce phénomène (changements simultanés de la conductibilité de l'air à l'intérieur et à l'extérieur des habitations) et sont arrivés à conclure que le facteur par lequel les personnes vivant à l'intérieur des habitations perçoivent les modifications atmosphériques extérieures était l'état électrique de leur atmosphère, (probablement la teneur en ions) lequel est en rapport avec l'état électrique extérieur. L'expérience évoquée ci-dessus ne laisse aucun doute sur ce dernier point.

Quant au mécanisme par lequel les ions pourraient agir sur l'organisme, nous citerons entre autres le point de vue de J.L. PECH qui estime que : "l'osmose à travers les tissus est sous la dépendance de l'état électrique de l'air".

On peut se demander maintenant pourquoi nous n'avons pas effectué des mesures d'ionisation et pourquoi nous nous sommes orientés vers une mesure du champ électrique terrestre.

Nous étions enfermés dans un budget défini, et réduit, qui ne nous permettait pas d'envisager l'achat d'un appareil de comtage d'ions. Nous n'aurions donc pû que répéter, à petite échelle, et de façon imprécise, avec un matériel de fortune, des expériences qui donnent lieu, par ailleurs, à des études systématiques. Il nous a semblé préférable de consacrer nos ressources à la création d'un instrument nouveau destiné à mesurer une grandeur physique bien définie, le vecteur-champ, liée par ailleurs à l'ionisation. L'équipement de mesure d'ionisation est remis simplement à plus tard.

En ce qui concerne le recensement des cas pathologiques à BRIANCON, nous disposions d'un grand nombre de sujets météorolabiles dans divers établissements.

Nous limitant à l'étude d'un certain nombre de phénomènes pathologiques de diagnostic simple : Asthme, migraines, spasmes vasculaires, spasmes viscéraux, douleurs rhumatismales, troubles digestifs, insomnies, troubles cardiaques.... nous avons fait imprimer des fiches d'observations mensuelles, distribuées ensuite régulièrement dans chaque service intéressé.

Malheureusement, et malgré la bonne volonté dont ont fait preuve les médecins de la Station, les résultats, au bout d'une année, sont plutôt décevants. Les quelque 200 fiches qui nous sont revenues ont été remplies de façon irrégulière. Elles sont incomplètes, présentent des "trous". D'un mois à l'autre, dans le même service, ou simultanément dans des services différents, - on constate que les observations consignées qui portent sur un certain nombre de troubles, pris parmi ceux énumérés à l'alinéa précédent, portent tantôt sur certains de ces phénomènes et tantôt sur d'autres. Les observations manquent souvent plusieurs jours consécutifs, ou certains jours isolés, sans qu'il soit toujours possible de discerner s'il s'agit vraiment d'un "trou" dans les observations (pour un motif tel que vacances) ou s'il s'agit de l'absence de troubles pathologiques.

Le dépouillement en a été rendu plus difficile, car il a dû, pour commencer, comporter une phase assez semblable à une enquête policière, visant à éliminer les informations douteuses, ensuite une phase visant à combler les vides existants dans certaines feuilles, jugées par ailleurs sérieuses et intéressantes, tout en tenant compte des caractéristiques particulières des sujets dans chaque Etablissement. Au terme de ce dépouillement, nous avons, par application de coefficients pondératifs, ramené ces observations à un effectif théorique constant de 100 malades.

Ce travail a dû être repris un certain nombre de fois afin de réaliser un diagramme d'observations portant sur une période continue suffisamment longue et coïncidant avec une période météorologique : intéressante, comportant notamment pour le champ terrestre des périodes d'accalmie et des périodes d'activité.

Au prix d'un travail important, à l'issue duquel nous devons encore faire quelques réserves, car de véritables cas de conscience se sont posés au moment du choix définitif des observations tenues pour exactes, nous avons pu isoler deux périodes d'observations couvrant respectivement les mois de :

Août - Septembre - Octobre 1958 (89 jours), et
Mars - Avril - Mai - début Juin 1959 (93 jours)

soit au total 182 jours.

On trouvera, en section III, une étude conduite avec ces données, mais dès maintenant nous tenons à préciser que nous n'attachons pas une valeur absolument probante à ses résultats.

Il faudra, ce dont nous n'avions jamais douté, reprendre les observations sur une période sensiblement plus longue et obtenir un meilleur recensement des cas pathologiques.

SECTION II

CAPTEUR ENREGISTREUR

DU CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE

---

1 - Généralités

2 - Principe du capteur modulateur de champ

3 - Avantages procurés par divers perfectionnements.
Description de notre appareillage

" C'est toujours par la qualité des mesures que la Science a progressé dans une direction quelconque "

Georges DARMOIS
(Statistiques et applications)

GENERALITES

Bien que certains principes fussent connus, il n'existait pas, dans toute la documentation que nous avons analysée, d'appareil correspondant à nos exigences, d'ailleurs sévères. A fortiori, n'était-il pas question de trouver à acquérir un capteur et les appareils électroniques adéquats.

C'est en partant des conditions d'exploitation particulièrement délicates que nous nous sommes imposées dans le seul but de donner tout leur sens à nos observations, que nous avons conçu et réalisé un appareillage homogène.

Voici ce qu'étaient ces conditions :

1 - La sensibilité devait être en rapport avec l'ordre de grandeur du champ électrique terrestre. La valeur moyenne de celui-ci étant de l'ordre de 1 volt/cm on estimait qu'il fallait déceler le dixième de cette valeur.

2 - On savait que le champ pouvait présenter temporairement des variations importantes pouvant atteindre et dépasser 1000 V/cm. Limitant notre étude à des phénomènes de durée supérieure à quelques secondes, il fut admis que l'expérience nous guiderait mais qu'on s'imposait, au départ,de mesurer des champs jusqu'à 1000 V/cm.

3 - La fidélité devait permettre une précision de l'ordre de 10 % sur la valeur moyenne du champ (1 V/cm) et meilleure que 5 % à partir de 5 V/cm.

En fait, il y avait lieu de distinguer deux causes essentielles d'infidèlité : celles provenant du capteur, et celles provenant de l'électronique.

Il fut admis que les appareils électroniques comporteraient des possibilités de contrôle (substitution de tensions étalonnées au signal utile), et l'expérience montra qu'il était facile d'assurer, de ce côté, une stabilité meilleure que 2 %.

En raison de la complication inutile qu'aurait entrainée l'installation permanente d'un dispositif de tarage du capteur, on imagina un contrôle plus simple (mesure d'isolement) et parfaitement valable.

4 - L'appareillage devait pouvoir supporter toutes les intempéries, du double point de vue de la conservation du matériel exposé (capteur et ses accessoires immédiats) et de la validité des résultats au cours et à la suite des précipitations.

5 - L'appareillage devait permettre l'inscription directe et continue de l'intensité du champ électrique terrestre. Le dépouillement des enregistrements devait être facile, rapide, et sans aléas. Pour cela on convint que l'enregistrement serait effectué avec une échelle de temps semblable à celle adoptée par la météorologie nationale, et que pour couvrir l'énorme étendue de mesure (pratiquement 1 - 10 000), on effectuerait côte à côte deux enregistrements avec, sensibilités dans le rapport 100. Les limites de saturation étant bien connues, il suffirait d'un coup d'oeil pour savoir si de l'enregistrement à grande sensibilité on devait passer à celui à petite sensibilité, ou inversement.

Nous pensons, dans une prochaine version, utiliser un seul enregistrement à échelle logarithmique.

- Enfin on s'imposa, à la suite d'une série d'expériences, de discriminer le signe du champ sur l'enregistrement par des élongations positives ou négatives.

6 - L'appareillage ne pouvait s'accommoder d'une réalisation sommaire. L'étude de corrélation que nous poursuivions exigeait normalement des observations prolongées. En vue d'un enregistrement ininterrompu pendant des mois, le capteur devait être capable de fonctionner pratiquement sans surveillance. Pour la même raison, l'ensemble de l'installation devait fonctionner automatiquement et les manipulations rester limitées aux opérations de remplacement du papier et de l'encre, et à quelques vérifications espacées.

7 - Autant que possible, devaient être éliminés de la mesure les phénomènes parasites (champs électriques des lignes de transport d'énergie, phénomènes électro-statiques provoqués par des organes du capteur ou résultant de l'accumulation de charges, d'origine quelconque, sur des pièces isolantes à l'intérieur du capteur...) qui pouvaient fausser le résultat ou compliquer le dépouillement.

Devaient également être éliminés de la mesure les phénomènes fugaces pouvant apparaître au cours d'orages, ou lors du passage rapide d'une fumée ionisée, ou d'un véhicule électriquement chargé, ... tous phénomènes sans rapports avec la valeur moyenne du champ, objet de notre recherche.

La réalisation de cet appareillage nous a effectivement posé beaucoup de problèmes. Avant de les évoquer, nous rapporterons l'essentiel du travail préliminaire de documentation.

Les premières études connues, portant sur le champ électrique terrestre, datent de 1752 (LEMONNIER), et furent reprises en 1755 par BECCARIA, en Italie. Ils utilisaient simplement la conductivité de l'air pour charger un conducteur isolé (collecteur). Au bout d'un temps assez long, l'équilibre étant établi, il était possible de mesurer électrométriquement le potentiel pris par le collecteur. Nous ne citons ces précurseurs que pour mémoire.

Lord KELVIN, en 1859, imagina un ingénieux système (WATER-DROPPER) utilisant la chute de gouttes d'eau pour réaliser l'égalisation de potentiel entre un collecteur et l'air environnant.

La cadence à laquelle pouvait être répétée la mesure était rapide (une minute environ), et pour cette même raison l'erreur dûe aux pertes par défaut d'isolement était assez faible.

Lord KELVIN visait ainsi à effectuer une mesure pratiquement continue du champ électrique terrestre, naturellement par beau temps seulement.

Cette méthode fut reprise en 1929 par GISH et SHERMAN, puis en 1945 par LECOLAZET.

Principalement pour éliminer l'erreursystématique dûe aux défauts d'isolement, GISH et SHERMAN utilisèrent simultanément un capteur à collecteur radioactif et une méthode potentiométrique (méthode d'opposition - ou de zéro) pour la mesure du potentiel pris par le collecteur radioactif. Le principe de leur capteur est le suivant :

Une source de rayons alpha émet dans un petit volume d'air autour du collecteur. Quand une différence de potentiel existe entre le collecteur et l'air environnant, les ions libérés par le rayonnement entrent en mouvement et viennent charger le collecteur jusqu'à ce que celui-ci ait atteint le potentiel de l'air. On comprend alors comment, avec un tel appareil, on peut mesurer la valeur du champ électrique terrestre.

Ce dispositif était impropre, dans notre cas, en raison de la très forte influence du vent et de la pluie (MULHEISEN en 1951, estime à 30 % au moins les erreurs de mesure dûes uniquement au vent).

Une autre catégorie d'appareils, dans lesquels on se ramène à la mesure de la charge d'influence à la surface de la terre (ou d'électrodes) sous l'influence du champ électrique terrestre, prend son origine dans l'Electromètre Portatif Universel de WILSON (1906)

Le principe de cet électromètre est simple : une électrode, soumise à l'influence du champ terrestre, supposé positif par exemple, acquiert une charge négative tandis qu'un électroscope avec lequel elle est en communication lointaine (au sens rigoureux de ce mot en électrostatique) se trouve polarisé positivement. L'électroscope dévie.

L'opérateur annule cette déviation en compensant exactement l'influence du champ terrestre (telle qu'elle se traduit pour l'électroscope) par un phénomène d'influence auxiliaire que l'on exerce au moyen d'une électrode annulaire entourant l'électrode captrice. Cette électrode est portée à un potentiel convenable par le moyen d'une batterie et d'un condensateur variable.

La lecture du cadran du condensateur variable, à la position d'annulation, fournit une mesure du champ terrestre. En raison de l'existence des fuites, il est nécessaire de rétablir périodiquement les conditions initiales. Pour cela, on occulte complètement le champ terrestre (au moyen d'une électrode réunie à la terre et qui forme couvercle pour l'électrode captrice) et, par action sur le condensateur variable, on rétablit la position initiale de l'électroscope.

Selon WILSON, cet électromètre universel devait être mis en station de façon assez délicate, entièrement au-dessous du niveau du sol, l'électrode captrice et l'électrode annulaire affleurant, seules, ce niveau.

Tel que nous venons de le décrire, et au besoin en lui adjoignant un dispositif d'asservissement du condensateur variable, cet appareil pourrait être utilisé pour l'enregistrement continu du champ électrique terrestre, sauf, naturellement, par mauvais temps. Il exigerait en outre des opérations de tarage continuelles et présenterait le grave inconvénient de nécessiter un amplificateur continu pour une exploitation automatique.

Nous passerons rapidement sur l'électromètre capillaire de WILSON et l'électromètre dit " électronique " de CHALMERS, variantes du précédent et qui, en définitive, sont plutôt des instruments indicateurs que des appareils de mesure, pour arriver à une famille nouvelle de capteurs. Il s'agit de ceux que les Anglo-Saxons ont appelé du nom significatif de "Field-Mills", (ce qui, littéralement, signifie " Moulins à champ ") et que nous désignerons par le terme de " Modulateurs de champ ". Nous dirons également pour être plus précis, " Modulateurs à interception de champ " ou " Modulateurs-Intercepteurs de champ ".

Les modulateurs de champ sont apparus à l'ère de l'électronique industrielle. Ces appareils comportent, avec diverses variantes, des électrodes exposées puis soustraites périodiquement au champ électrique à mesurer. Ils fournissent, entre ces électrodes et la masse (reliée généralement à la terre) une tension "hachée" proportionnelle à ce champ. Si la fréquence de découpage est suffisamment élevée, il n'y a pas à tenir compte des pertes par défaut d'isolement. Leur sensibilité est grande et l'amplification du signal en vue de mesure directe ou d'enregistrement est facile.

Le premier modulateur à interception de champ fut sans doute celui de HARNWELL et Van VOORHIS (1933).

Successivement, MACKY (1937) - TRUMP, SAFFORD et Van de GRAAF (1940) - LUEDER (1943) - WADDEL (1948) - CLARK (1949) - Von KILINSKI (1950) - CROSS (1953) - MAPLESON et WITLOCK (1955), et CHALMERS (1956), notamment, ont utilisé, en apportant divers perfectionnements, des appareils de cette catégorie.

Nous avons repris le principe du modulateur à interception de champ, mais nous avons dû le perfectionner de façon importante, au point de donner naissance, en fait, à un appareil nouveau, à la fois stable, sensible, précis, ne souffrant en aucune façon des intempéries, insensible aux parasites du champ terrestre, fournissant, en association avec un appareillage électronique exactement adapté (et que nous avons également étudié), une inscription directe, continue, de la valeur et du signe du champ, fonctionnant pratiquement sans surveillance, ce que ne permettait aucun appareil antérieur.

Une étude attentive de la documentation, dont nous n'avons pû avoir connaissance, pour la majeure partie et la plus importante, qu'après l'achèvement de notre propre étude - montre que plusieurs des perfectionnements que nous avons réunis se trouvaient, isolément, parfois en germe, dans des appareils imaginés par d'autres chercheurs. Nous estimons une grande chance d'avoir pû en faire une synthèse.

Avant d'aborder l'exposé des perfectionnements les plus importants que comporte notre appareillage, nous devons, en nous en excusant, exposer l'essentiel de la théorie du "Modulateur à interception de champ".

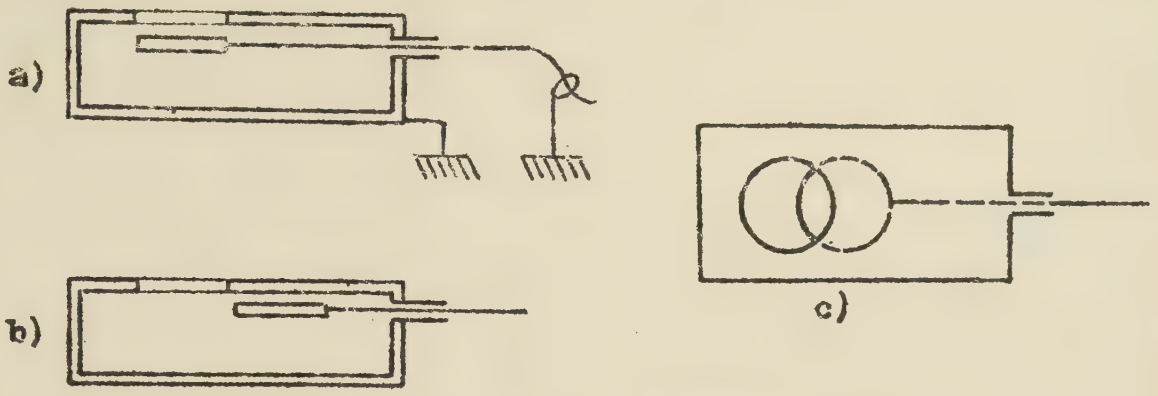
PRINCIPE DU CAPTEUR MODULATEUR DE CHAMP

Considérons une électrode captrice, isolée, dénommée A, mobile dans l'intérieur d'un boitier conducteur réuni à la terre, formant une cage de Faraday presque complète, mais comportant un orifice qui, au cours du mouvement de l'électrode par rapport au boi tier, découvre puis occulte périodiquement l'électrode, en sorte que le champ électrique régnant dans l'ensemble de la région où a été placé l'appareil influence plus ou moins cette électrode.

Les figures 1 (a, b, c,) montrent comment un tel dispositif expérimental peut être réalisé simplement.

Bien entendu la présence de ce capteur et des accessoires (moteur, etc...) qu'il peut comporter, disposés dans une région où régnait auparavant un champ électrique uniforme, (tel que le champ terrestre au-dessus d'une aire de référence plane, conductrice, horizontale, suffisamment étendue, parfaitement reliée à la terre), a pour effet de modifier profondément la disposition des lignes de force et du réseau d'équipotentielles dans le voisinage immédiat de ces objets. Mais la nouvelle disposition reste immuable (si on ne déplace pas d'objets dans le voisinage) et, si le champ électrique vient à être multiplié par "n", seuls changent les indices des surfaces équipotentielles qui, auprès comme au loin, sont simplement multipliés par "n". Il en est de même du flux de force électrique : $\emptyset$, qui influence l'électrode.

En outre, à chaque instant, et avec une approximation très suffisante pour l'objet de notre exposé, le flux qui atteint l'électrode est proportionnel à l'aire dévoilée de celle-ci. La loi de variation du flux incident en fonction du temps est pratiquement très sensiblement hémisinusoïdale. Les courbes 2a et 2b, représentent cette loi, selon que le champ H est positif ou négatif.



Figures 1

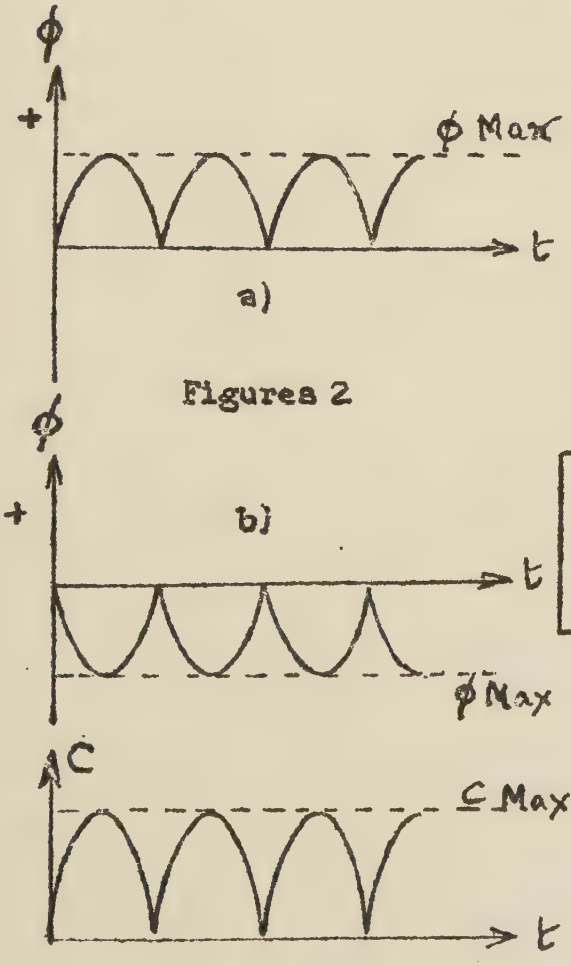


Figure 3

Figures 2

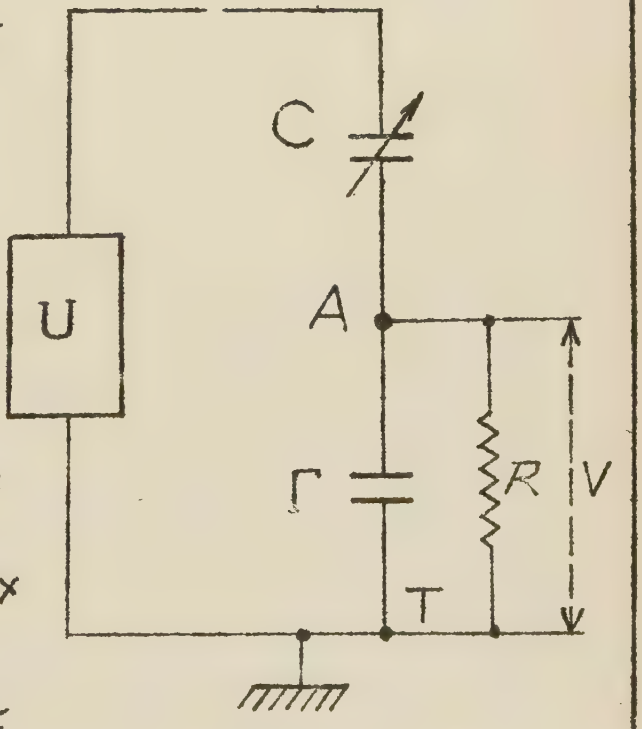


Figure 4

On peut exprimer et préciser ceci d'une autre façon qui a l'avantage de conduire à une expliqation mathématique simple :

L'électrode (A), présente :

1 - Par rapport à la terre, une capacité, essentiellement constituée par la capacité des câbles coaxiaux qui assurent la liaison avec l'amplificateur électronique augmentée, éventuellement, de capacités fixes additionnelles. Conséquence du mouvement de l'électrode par rapport au boitier, il existe une petite variation de capacité, tellement faible que nous la négligerons. Dans ce qui va suivre, on appellera Γ et on considérera comme constante, la capacité entre électrode captrice et terre.

2 - Par rapport à une électrode fictive, qui coïnciderait avec une équipotentielle choisie suffisamment éloignée, au-dessus de l'appareil, pour que les mouvements de l'électrode par rapport au boitier soient sans influence sur elle (ce résultat est atteint pratiquement à quelques décimètres) une capacité C variable entre zéro (électrode entièrement voilée) et un certain maximum C_{max} (électrode entièrement voilée).

La loi de variation de la capacité C pourrait être quelconque, mais elle est, de fait, voisine de la loi hémisinusoïdale (figure 3).

On peut maintenant, pour la commodité du raisonnement, remplacer notre capteur, placé dans le champ électrique terrestre, par son schéma équivalent (figure 4), dans lequel un générateur continu : U, (d'impédance pratiquement nulle puisque la forme de l'équipotentielle d'indice U n'est pas, par hypothèse, affectée par le mouvement de l'électrode), fixe au potentiel : U égal à : H.e, l'électrode fictive dont il a été parlé et qui, située à une distance : e, au-dessus du sol, coïnciderait avec l'équipotentielle d'indice "U", correspondant à l'existence d'un champ H.

Formulons immédiatement une remarque d'ordre pratique : C max (et par suite toute valeur de C) est très petite devant Γ (ordre de grandeur de C max : $\frac{1}{1\,000}\,\Gamma$)

Par suite on peut écrire, à l'équilibre (figure 4)

$$V = U \frac{C}{\Gamma}$$

V et C désignant les valeurs instantanées

En régime sinusoïdal, on a :

$$V_\Omega = U \frac{Z(\Gamma)\Omega}{Z(C).\Omega + Z.(\Gamma)\Omega}$$

la notation $Z(X)_\Omega$ signifiant Impédance de X à la pulsation
Comme précédemment $Z(C) >>> Z(\Gamma)$
et on peut écrire

$$V_\Omega = U \frac{Z(\Gamma)\Omega}{Z(C)\Omega} = \frac{C}{\Gamma}$$

quel que soit ω

A présent, en prenant, pour origine des temps, l'instant où la fonction C est nulle, c'est-à-dire l'instant où l'électrode captrice est entièrement occultée, et en prenant pour période de récurrence : T, la durée d'une arche hémisinusoïdale (qui est la moitié de la période, que nous appellerons 2 T, de la sinusoïde complète qui, par redressement des alternances négatives, restituerait la fonction que nous considérons), on peut écrire, en posant $\omega = \frac{2\pi}{T}$, l'expression en série de FOURIER de la fonction C

$$C = \frac{2}{\pi} \; C \; max \left[1 - \frac{2}{3} \cos.\omega t. - \frac{2}{15} \cos. 2\omega t. - \frac{2}{35} \cos. 3\omega t.... \right]$$

Par suite, au coefficient près $\frac{U}{\Gamma}$, V a la même forme fonctionnelle et comporte donc un terme continu, et une série de termes alternatifs dont le premier est

$$-\frac{4}{3\pi} \frac{U}{\Gamma} C \; max \cos. \omega t.$$

Les suivants sont des harmoniques.

Pour pouvoir utiliser, c'est-à-dire transmettre à une certaine distance et amplifier, le signal V disponible entre les bornes A et T du capteur, il est indispensable de fermer celles-ci sur une résis- R, choisie aussi grande que possible, mais qui devra toutefois être assez faible pour assurer un fonctionnement correct du tube électronique d'entrée et pour rendre d'autre part négligeables, en égard à la précision requise, les fluctuations de la résistance d'isolement et du courant de grille.

Ceci entraine une reprise du calcul précédent qui donne l'expression de V en fonction de U et des paramètres du circuit, ce que nous effectuerons sous la forme sinusoïdale, la plus simple

$Z\ (\Gamma)\ \Omega$ est remplacée par $Z\ (\Gamma\ //\ R)\ \Omega$
qui signifie Impédance offerte par le groupement de Γ et de R montés en parallèle, pour la pulsation Ω , et qui a pour expression :

$$Z\ (\Gamma // R) = \frac{Z(\Gamma)\Omega \times Z(R)\Omega}{Z(\Gamma)\Omega + Z(\ )\Omega}$$

$$= \frac{-j}{\Gamma\Omega} \times R$$

$$= \frac{}{R - \frac{j}{\Gamma\Omega}}$$

On trouve alors, toutes simplifications effectuées :

$$V_\Omega = U \frac{RC\Omega}{R\Gamma\Omega + j}$$

$$\text{d'où } \left|V_\Omega\right| = U \frac{RC\Omega}{\sqrt{R^2\Gamma^2\Omega^2 + 1}}$$

$$\text{tg. } \varphi = \frac{-1}{R\Gamma\Omega}$$

Pour concrétiser les résultats pratiques de ce calcul, voici les ordres de grandeur dans notre cas :

$R = 50$ Mégohms $= 5.10^{7}$ ohms

$\Gamma = 1\,000$ pf $= 10^{-9}$ farad

$C = 1$ pf $= 10^{-12}$ farad

$\omega = 3.10^{2}$

Pour la pulsation ω (1er terme alternatif) on aura :

$$\frac{|V_\omega|}{U} \neq \frac{C}{\Gamma} = 10^{-3}$$

$$\text{tg. } \varphi = -1/15$$

L'affaiblissement résultant de la présence de R est inférieur à 0,5 % et négligeable. Le fonctionnement reste donc correct lorsqu'on raccorde le capteur à un amplificateur électronique d'impédance d'entrée suffisamment élevée.

D'ailleurs ω peut varier notablement sans que la sensibilité, caractérisée par le rapport $\frac{|V_\omega|}{U}$, soit affectée.

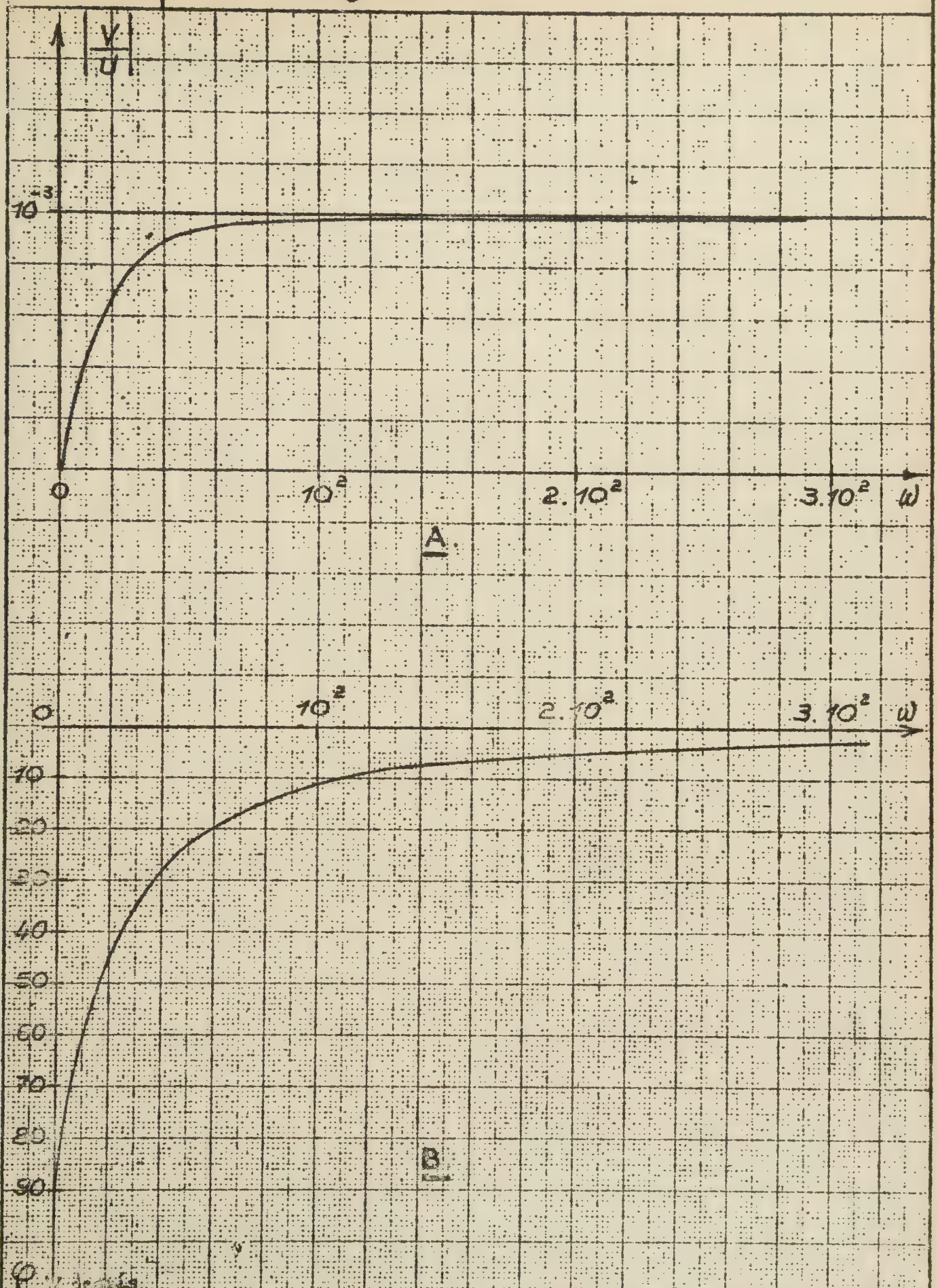
Nous donnons (figure 5) en fonction de ω

a - La sensibilité du capteur

b - Le déphasage,

Dans le domaine pratique d'utilisation de notre appareil (c'est-à-dire avec les ordres de grandeur donnés ci-dessus) l'atténuation est négligeable et va en décroissant quand la pulsation croît. Le déphasage est de l'ordre de 4 degrés pour le fondamental ($\omega = 300$), et décroît avec le rang de l'harmonique. Sous réserve, ce qui est aisément le cas, que l'amplificateur électronique n'altère pas ces qualités,

Fig. 5


$\left|\frac{V}{U}\right|$
10^{-3}
0
10^2
2.10^2
3.10^2
ω
A.
0
10^2
2.10^2
3.10^2
ω
10
20
30
40
50
60
70
80
90
B.
φ

il s'ensuit que le signal restitué par celui-ci aura, à très peu près, même forme et même origine que si R n'avait pas existé.

Si le champ varie lentement,(c'est le seul cas auquel nous nous intéressons : cela signifie en pratique dix secondes pour l'échelle entière,) en sorte qu'il n'y ait pas à considérer le régime transitoire le signal délivré par le capteur s'écrit, rappelons-le :

$$V = \frac{2}{\pi} \cup \frac{C\,max}{\Gamma} \left[1 - \frac{2}{3} \cos.\omega t. - \frac{2}{15} \cos.2\,\omega t. - \frac{2}{35} \cos.\,3\,\omega t.. \right]$$

Pour actionner l'enregistreur, on peut utiliser directement V convenablement amplifié. Mais cela nécessite un galvanomètre rapide, un défilement assez rapide du papier, et, en définitive, ne présente pas d'intérêt.

On peut utiliser un détecteur monté en voltmètre de crête. Supposé parfait, ce dispositif délivre une tension continue proportionnelle à V maximum, donc au champ, mais dont le signe ne dépend que de la polarité du montage à diodes. L'alignement se faisant, selon le signe de H, sur les points de rebroussement ou sur les maxima (ou minima) des arches, ce qui est sans influence sur la valeur de crête.

La déviation du style enregistreur ne renseigne, dans ces conditions, que sur la valeur arithmétique de l'intensité du champ.

Nous verrons, entre autres, dans le chapitre suivant, le moyen employé pour obtenir la valeur algébrique par enregistrement direct.

AVANTAGES PROCURES PAR DIVERS PERFECTIONNEMENTS.

DESCRIPTION DE NOTRE APPAREILLAGE.

Nous indiquons ici les perfectionnements essentiels apportés au principe du capteur-modulateur à interception de champ, dans le cadre des recherches que nous avons effectuées en 1958-1959 au Centre Briançonnais de Recherches Bio-climatiques.

Et, sans aborder les multiples problèmes technologiques que nous avons naturellement dû résoudre pour mener à bien cette réalisation, nous décrivons sommairement le capteur et l'ensemble de notre installation.

1 - Le montage inversé.

Pour mettre les parties essentielles et délicates du capteur à l'abri des intempéries et conserver dans toute la mesure du possible des mesures valables, même pendant les précipitations, nous avons imaginé de disposer le capteur en position inversée, orifice (en pratique orifices) en dessous, à une certaine hauteur au-dessus de l'aire de référence choisie.

Pour simplifier la figure et l'exposé, nous admettrons, ce qui est le cas, que le capteur a la forme d'un cylindre droit, complètement fermé à la partie supérieure, comportant, à la partie inférieure, des orifices aptes à voiler ou dévoiler les électrodes disposées à l'intérieur, tout près de la base. Nous admettrons également que le sup-

port conducteur, assurant la mise à la terre, est confondu avec l'axe de symétrie.

Nous avons représenté en coupe axiale - Figure 6 - cette disposition ainsi que, la répartition grossière des équipotentielles (traits interrompus) et des lignes de force (traits pleins).

Cette figuration ne prétend en aucune manière donner une image rigoureuse, pour laquelle il serait indispensable de passer une maquette en cuve rhéo-électrique, mais elle tient compte des lois qui régissent les champs de forces et montre comment, d'un champ uniforme à une certaine distance du capteur, on passe à un champ fortement perturbé en son voisinage, et comment certaines lignes de force contournent le capteur et peuvent atteindre une électrode captrice à travers un crifice du boitier. Le gradient de potentiel est beaucoup plus faible que si l'électrode était placée au-dessus et atteinte directement. La sensibilité est donc moindre mais suffisante dans tous les cas pratiques.

Du point de vue recherché le montage inversé a prouvé son efficacité et il n'a pas été nécessaire de recourir à une protection supplémentaire. Nous avons notamment renoncé à utiliser des ailettes pour chasser les gouttes d'eau.

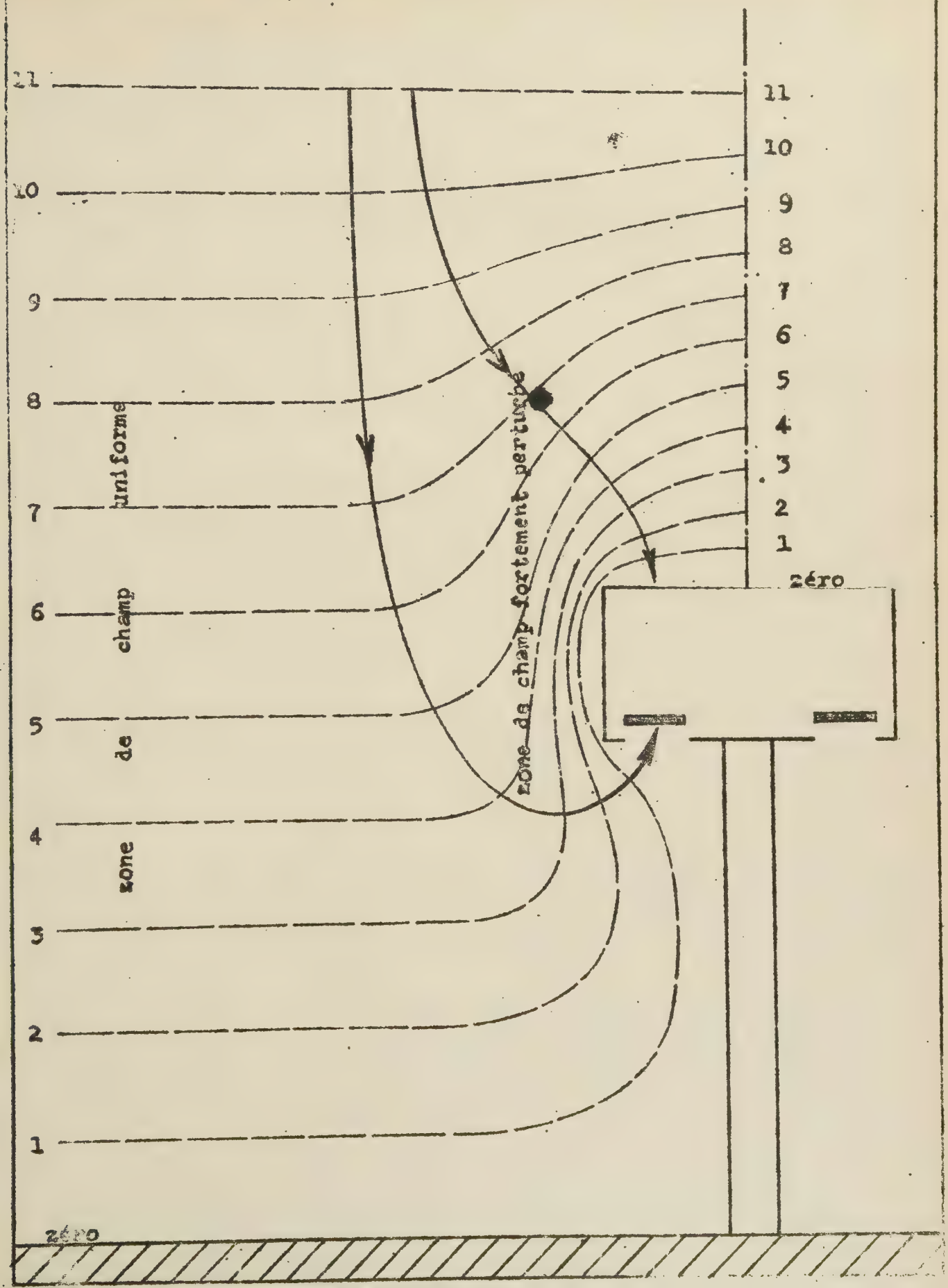
2 - La symétrisation.

En exposant la théorie du capteur, nous avons parlé d'une électrode captrice. Une seule électrode est suffisante lorsque le champ terrestre est important, le rapport signal/bruit étant alors excellent. Ne pouvant prévoir, au début, de quel ordre seraient les phénomènes, nous avons systématiquement recherché le moyen de soustraire notre mesure à des influences parasites.

Les causes perturbatrices peuvent être décomposées en :

- perturbations indépendantes (ou presque), du phénomène d'occultation

Fig. 6


11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
zéro
zone de champ fortement perturbé
zone de champ uniforme
zéro

- perturbations subissant l'influence de l'occultation, au même titre que le champ terrestre.

Parmi ces dernières il en est de deux sortes :

Les champs parasites continus, ou lentement fluctuants, se composent avec le champ terrestre. Ils ne peuvent évidemment être éliminés que par le choix judicieux de l'emplacement d'implantation du capteur.

Les champs parasites prenant leur origine dans la présence de conducteurs sièges de tensions en provenance du secteur industriel. Ce sont à peu près toujours des champs à 50 périodes par seconde. Leur élimination se fait automatiquement dans notre réalisation et nous en parlerons lorsque nous évoquerons la "détection".

Des conducteurs sièges de tensions diverses d'alimentation peuvent induire directement sur le conducteur reliant l'électrode captrice à l'amplificateur, ou sur la grille du tube d'entrée ; des charges électriques véhiculées par des fumées ionisées peuvent pénétrer à l'intérieur du corps du capteur ; les frottements dans le mouvement d'occultation peuvent séparer des charges électriques dont certaines peuvent être accumulées sur des pièces isolantes, à l'intérieur du corps du capteur ....

Ces influences parasites, presque indépendantes de l'occultation, c'est-à-dire non modulées par elle, sont faciles à éliminer en conjuguant l'emploi d'un capteur "symétrique" et d'un préamplificateur "différentiel".

Si, au lieu d'une, on a deux électrodes, indépendantes et semblablement montées, raccordées par deux câbles identiques à deux tubes identiques, on conçoit que les parasites dont on vient de parler seront à chaque instant les mêmes sur ces deux voies.

Le système d'occultation par rapport au champ terrestre est tel que les deux électrodes sont voilées et occultées à tour de rôle, en sorte que les signaux utiles recueillis sont décalés d'une demi-période, comme lee montrent les figures 7a et 7b.

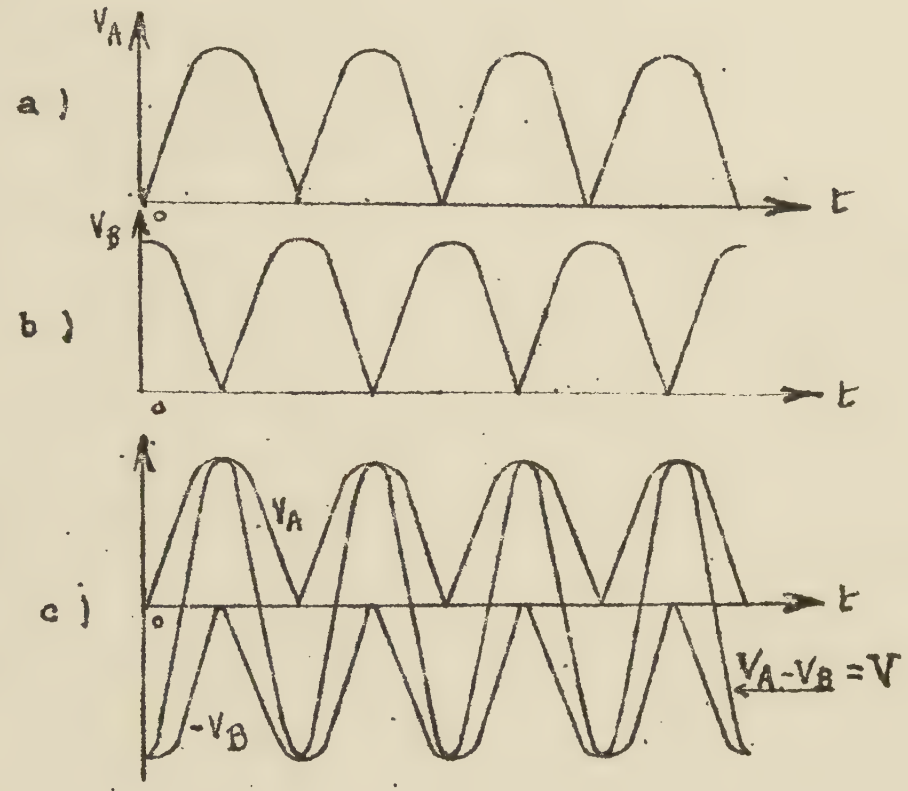

a)
V_A
t
b)
V_B
t
c)
V_A
t
$V_A - V_B = V$
$-V_B$

Fig. 7

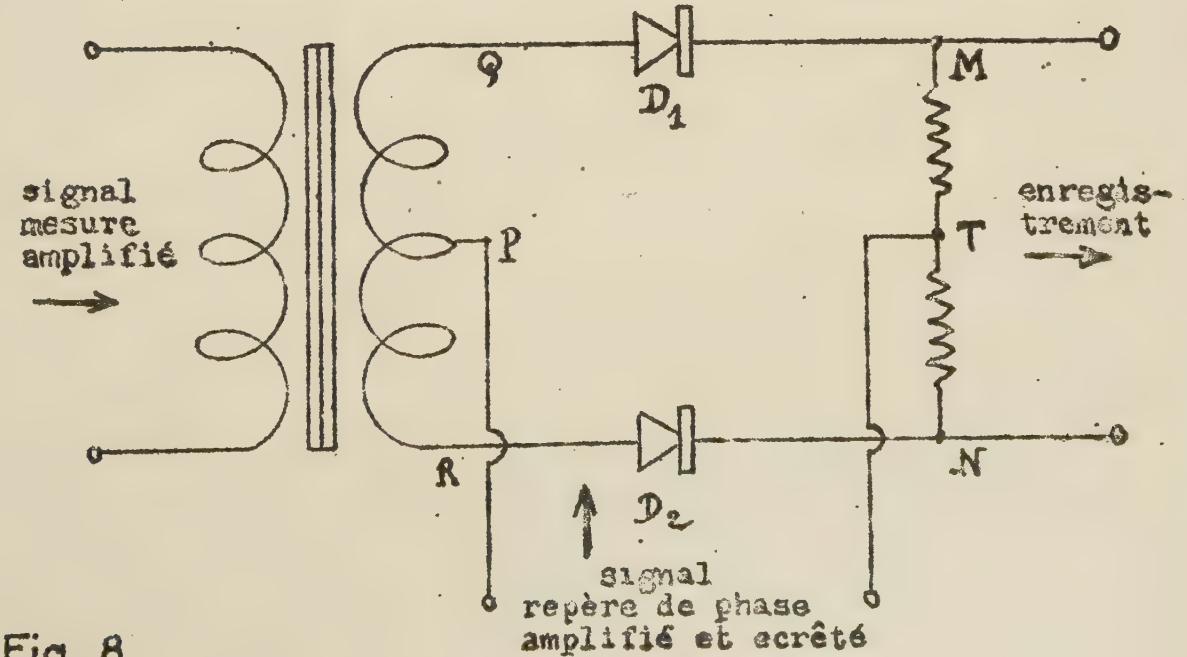

signal
mesure
amplifié
Q
D_1
M
P
T
enregis-
trement
R
N
D_2
signal
repère de phase
amplifié et ecrêté

Fig. 8

Les signaux parasites : W, s'additionnent, pour chaque voie, avec les signaux utiles. Le tube d'entrée (1) recevra donc un signal

$V_1 = V_A + W$ (V_A = signal utile fourni par l'électrode A)

Le tube d'entrée (2) recevra de même :

$V_2 = V_B + W$ (V_B = signal utile fourni par l'électrode B)

L'étage différentiel réalise l'opération

$V = V_1 - V_2 = V_A - V_B$, qui élimine W.

La figure 7c représente le signal V obtenu graphiquement en effectuant la différence $V_A - V_B$.

L'expression fonctionnelle de V_A et de V_B en séries de FOURIER est :

$$V_A = K\left[\frac{1}{2} - \frac{1}{3}\cos.\omega t. - \frac{1}{15}\cos.2\,\omega t. - \frac{1}{35}\cos.3\,\omega t.....\right]$$

$$V_B = K\left[\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\cos.\omega t. - \frac{1}{15}\cos.2\,\omega t. + \frac{1}{35}\cos.3\,\omega t.....\right]$$

expressions dans lesquelles, pour alléger on a mis K pour

$$\frac{4}{\pi} U \frac{C\,max}{\Gamma}$$

En effectuant $V_A - V_B$ on trouve :

$$V = 2K\left[-\frac{1}{3}\cos.\omega t. - \frac{1}{35}\cos.3\,\omega t.....\right]$$

et on constate que le terme en ω qui était déjà prépondérant dans chacune des séries composantes, est encore plus prépondérant dans l'expression de leur différence car les harmoniques pairs ont disparu, de même que la composante continue.

3 - Repérage de la phase du mouvement

Détection par pont de phase.

Au début de nos travaux, le capteur était très simple ; la détection, après amplification, était réalisée dans un montage en voltmètre de crête. Pour reconnaitre le sens du champ, nous faisions usage d'un dispositif de "lever de doute" selon lequel une électrode auxiliaire, disposée au-dessus du capteur, et mise périodiquement en relation avec une batterie de piles dont un pôle était à la terre, créait un champ de polarité connue qui se composait avec le champ terrestre pour agir sur le capteur.

Ainsi obtenait-on, périodiquement, à une cadence réglée par une minuterie synchrone, des créneaux en saillie ou en creux par rapport à l'enregistrement selon le signe relatif du champ auxiliaire et du champ terrestre. Ce lever de doute fonctionnait bien si le champ auxiliaire était bien proportionné par rapport au champ terrestre (2 à 6 dixièmes) mais devenait difficile à exploiter, voire illusoire, s'il y avait disproportion.

D'autre part la linéarité du voltmètre de crête laissait beaucoup à désirer. Nous avons jugé préférable d'avoir recours à un procédé de détection connu en soi sous le nom de pont de phase, et qui, s'il conduit à compliquer quelque peu le capteur et l'électronique, est parfaitement linéaire et fidèle et procure directement un enregistrement avec des élongations positives ou négatives selon le signe du champ. Nous verrons qu'il élimine certains parasites.

Avant d'expliquer le fonctionnement du pont de phase, il convient d'indiquer que la loi du mouvement d'un occultateur permettant de voiler puis dévoiler à tour de rôle les 2 électrodes est facile à repérer sans ambiguité. Nous avons employé pour cela un petit alternateur comportant un aimant mobile devant des bobines. Le signal qu'il fournit (repère de phase) est convenablement mis en forme (nous avons choisi la forme carrée).

La figure 8 est le schéma de principe du pont de phase. Le signal de mesure est appliqué en opposition de phase (cf. figures 9a et 10a) aux diodes D1 et D2. Le signal repère de phase est appliqué en

phase à ces deux diodes (cf. figures 9b et 10b). Le signal total V_{QT} appliqué à la diode D1 et à la résistance de charge R_1 est représenté figure 9c. Le signal total V_{RT} appliqué à la diode D2 et à la résistance de charge R_2 est représenté figure 10c.

Le signal repère de phase est prépondérant et détermine l'intervalle de conductibilité des diodes. On a donc, en 9d, et en 10d, l'image des courants dans les résistances de charge R_1 et R_2, et des tensions V_{MT} et V_{NT} aux bornes de ces résistances.

Nous avons figuré, à nouveau, en 11 a, la tension V_{MT} et en 11 b la tension V_{NT}.

Pour avoir V_{MN} graphiquement, nous avons représenté, en 11 c, d'une part V_{MT}, et d'autre part $- V_{NT}$ c'est-à-dire V_{TN}

Par suite V_{MN} est obtenu en faisant la somme algébrique des ordonnées de ces deux courbes et nous l'avons représentée en 11 d. A côté, nous avons reporté la valeur de la composante continue de V_{MN}, telle qu'on l'obtient par filtrage.

On peut calculer simplement la valeur de V_{MN} continue. C'est :

$$V_{MN}\text{continue} = \frac{1}{T}\int_{T/4}^{3T/4} -\frac{2K}{3}\cos.\omega t.dt = \frac{-2K}{3T\omega}\Big|\sin.\omega t.\Big|_{T/4}^{3T/4}$$

$$= \frac{2}{3}\,\frac{K}{\pi}$$

Les harmoniques donnent dans cet intervalle d'intégration une valeur nulle. De même sont éliminés les signaux parasites résiduels non harmoniques si l'on prend un intervalle d'intégration suffisamment grand devant la période, c'est-à-dire si la constante de temps de l'enregistreur est assez grande. Nous nous sommes placés dans ce cas.

Fig. 9

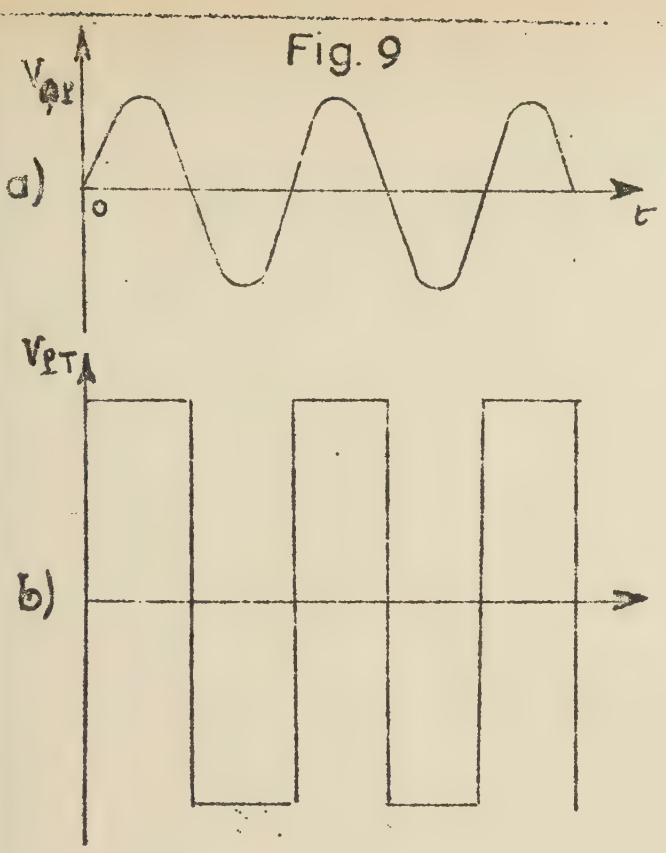


Fig. 10

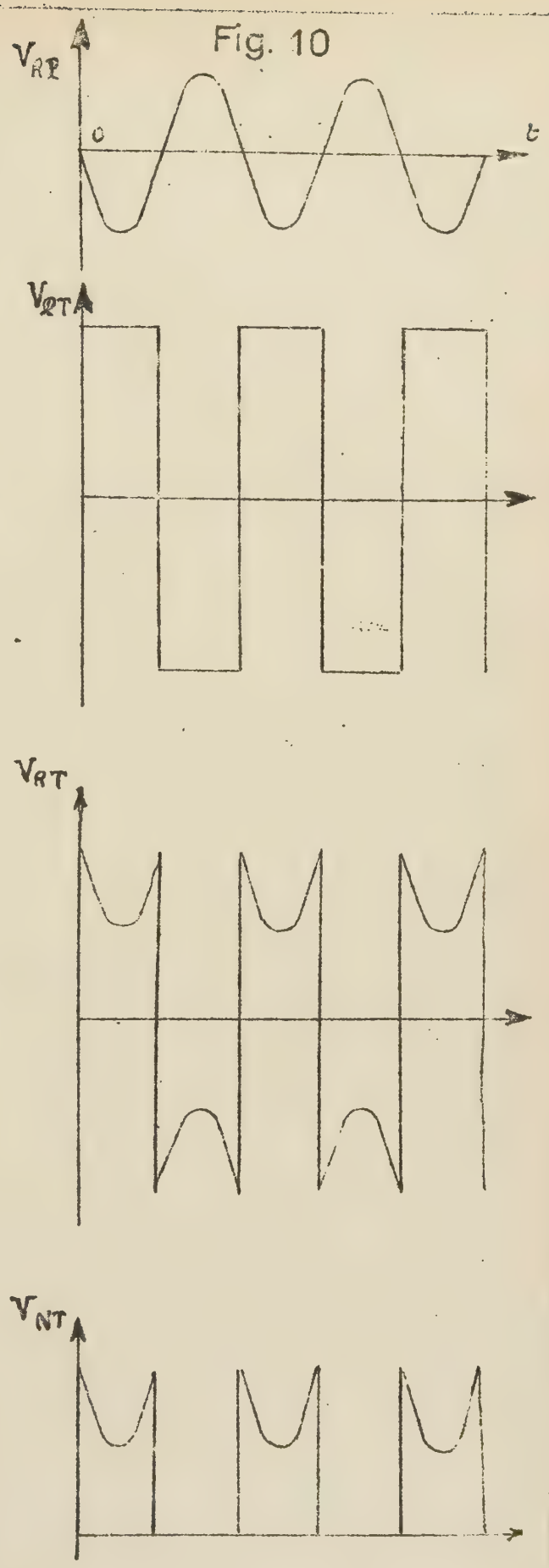
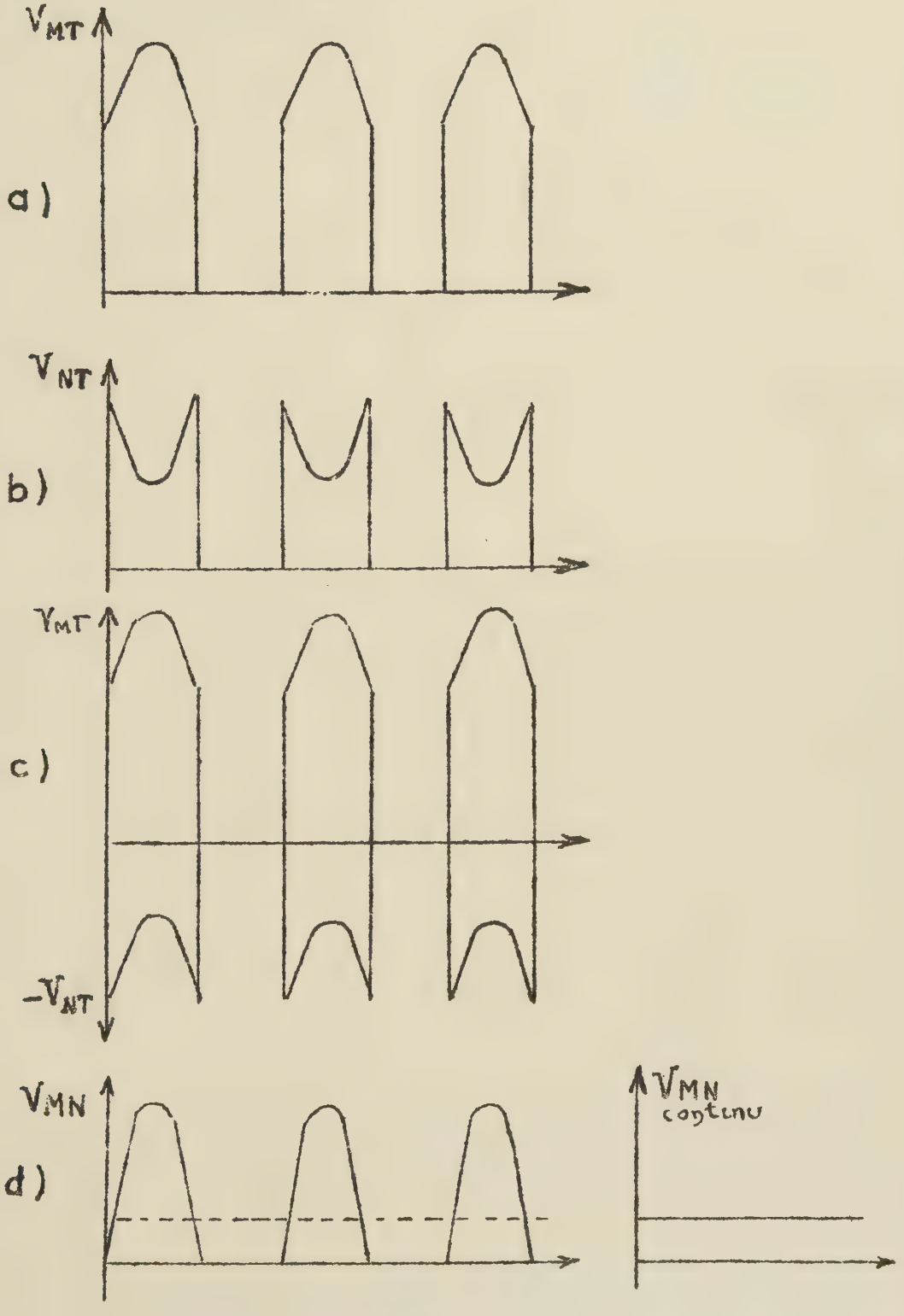


Fig. 11



C'est V_{MN} continue, calculée ci-dessus, qui subsiste seule, après filtrage électrique (ou simplement mécanique, par l'inertie du galvanomètre) pour procurer la déviation du style inscripteur. On voit que cette composante continue ne fait intervenir que le terme en ω du signal soumis à la détection dans le pont de phase.

Par suite les parasites qui ne comportent pas la pulsation ω sont éliminés automatiquement dans le pont de phase. Il en est notamment ainsi des parasites dûs à des champs alternatifs engendrés par des conducteurs de transport d'énergie, si on a précisément choisi ω égale à la pulsation du secteur industriel. (Ceci s'obtient en utilisant un moteur synchrone et un nombre convenable d'orifices d'occultation). Dans ces conditions le produit de modulation du champ alternatif renferme un terme continu et des termes en multiples pairs de ω . Tous ces termes sont éliminés automatiquement, le premier dans l'amplificateur, les suivants dans le pont de phase.

Il serait défavorable d'utiliser un moteur asynchrone qui, permettant un glissement, provoquerait la présence, dans les signaux proposés à la détection, de termes de fréquences très basses qui seraient pratiquement impossibles à éliminer, sauf à augmenter exagérément le temps de réponse de l'enregistreur. En outre, si le glissement était important, la relation de phase ne pourrait plus être assurée correctement entre le signal de mesure et le signal de repérage de phase du mouvement. (Cf. figure 5).

4 - Description.

Le moment est venu de décrire, au moins sommairement notre appareillage.

La figure 12 et les photographies permettent de se rendre compte des dispositions, du mode de construction, ainsi que du volume du capteur. Avant d'aboutir à cette réalisation un grand nombre d'essais ont été nécessaires.

Nous utilisons, non pas deux électrodes simples, mais deux ensembles alternés de chacun 6 pastilles circulaires de laiton ; les 6 pastilles de chaque ensemble sont réunies électriquement pour former une électrode.

L'occultateur est un disque de laiton, portant 6 orifices, tournant à 500 tours/minute, entrainé par un moteur synchrone, par l'intermédiaire d'un câble souple (câble de compteur de voiture). La fréquence d'occultation est de 500 x 6 = 3 000 par minute, soit 50 par seconde. C'est la fréquence du réseau. Ainsi est assurée l'élimination des champs parasites provenant de celui-ci.

Les supports isolants des électrodes sont en téflon, dont la résistivité est considérable, et qui est remarquable par sa résistance à l'humidité et aux agents chimiques. Grâce à lui, le fonctionnement du capteur reste possible, même après immersion complète dans l'eau.

Le collecteur à mercure, qui comporte essentiellement une aiguille d'acier plongeant dans une goutte de mercure, elle-même contenue dans une cavité ménagée dans un axe, assure sans complication la continuité électrique entre l'axe de rotation du rotor occultateur, qui porte l'aiguille, et l'axe fixe, contenant la goutte de mercure, et relié au corps du capteur.

Ainsi est réalisée la mise à la terre parfaite des organes mobiles du capteur.

Le préamplificateur a posé un certain nombre de problèmes :

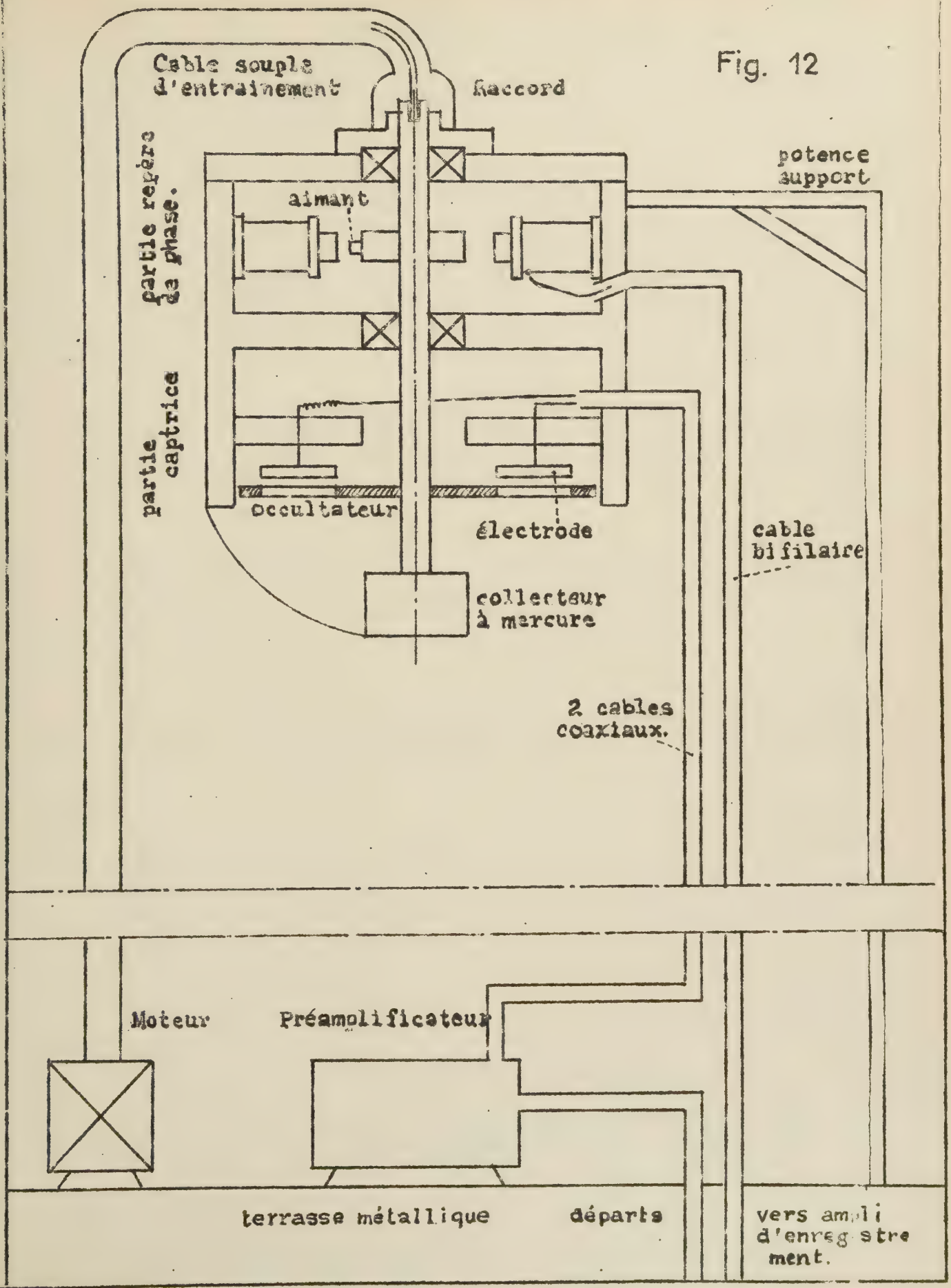
- Son impédance d'entrée doit être très élevée (pratiquement 50 mégohms)
- Il doit avoir un niveau de bruit très faible, il ne doit pas être microphonique.
- Il doit être très stable, et ceci dans les conditions de son installation, au pied même du capteur.

Les deux premières conditions ont été satisfaites facilement dès que nous avons eu les premiers échantillons de tubes Radiotechnique E 80 F.

Cependant, pour admettre 50 mégohms de fuite de grille, on a employé, pour le premier étage, qui est symétrique, le montage en cathode-suiveuse. Ce montage permet en outre d'admettre 3 volts efficaces sur la grille d'entrée. Le bruit total, dans l'étroite bande

LE CAPTEUR. Coupe schématique et ensemble

Fig. 12



passante qui est à considérer est de l'ordre de 1 microvolt en employant un chauffage continu. C'est ce que nous avons fait car il ne faut pas perdre de vue que le signal utile est à 50 pps.

La capacité Γ du capteur est réglée en sorte que, pour le champ maximum à mesurer (1 000 volts/cm) on dispose, à la sortie du capteur, d'une tension voisine de 0, volt 5. Avec le champ terrestre normal en l'absence de perturbations atmosphériques, soit 1 volt/cm, on dispose ainsi de 0, 5 mV. Pour la plus faible valeur du champ que l'on se proposait de déceler, soit 0, 1 Volt/cm, on a encore 50 microvolts. Ainsi donc le rapport signal/bruit est excellent.

Après l'étage d'entrée, symétrique, le préamplificateur comporte un étage différentiel (comportant une inversion de phase sur une voie). Le rôle de cet étage a été expliqué plus haut. En outre il double le signal utile.

La sortie est constituée par un étage en cathode suiveuse permettant de transmettre le signal résultant, asymétrique, à basse impédance (environ 500 ohms) à l'amplificateur d'enregistrement par l'intermédiaire d'une câblerie de plus de 60 mètres de longueur.

Le même faisceau de câbles assure l'alimentation du préamplificateur à partir de l'alimentation générale, régulée, basée auprès du matériel d'enregistrement.

Le préamplificateur, enfermé dans un boitier étanche en acier passivé, formant blindage magnétique et statique, s'est montré très robuste et n'a pas nécessité de protection spéciale contre les écarts de température et les intempéries en général. Sa stabilité est satisfaisante.

L'équipement d'enregistrement comporte, dans le local du Centre :

- un ensemble électronique constitué par

  . deux voies d'amplification dont les gains sont, à l'origine dans un rapport de 100.

. une voie spéciale pour l'amplification et la mise en forme du signal de repérage de phase fourni par le petit alternateur contenu dans le capteur

. deux ponts de phase, affectés à chacune des voies d'amplification

. deux filtres passe-bas de fréquence de coupure 5 pps.

et,

- un enregistreur à deux galvanomètres,

Les sensibilités sont ajustées de façon à procurer, sur la voie à grande sensibilité, une déviation du galvanomètre de $\pm$ 50 mm pour $\pm$ 10 volts/cm

sur l'autre voie, une déviation de $\pm$ 50 mm pour $\pm$ 1000 V/cm

Ainsi la définition du tracé de chaque galvanomètre est appropriée à la précision et à l'étendue de mesures exigées.

Les figures 13 et 14 représentent le schéma-bloc (schéma fonctionnel) de l'ensemble de l'installation et le schéma de principe simplifié d'une chaine électronique, depuis le capteur jusqu'à l'enregistreur.

Nous n'avons pas figuré les dispositifs annexes qui servent au contrôle et permettent une maintenance rigoureuse. Indiquons simplement la présence, parmi eux :

- d'un dispositif de tarage des amplificateurs électroniques permettant la substitution au capteur d'un générateur de signaux étalonnés.

- d'un dispositif de contrôle du capteur (mégohmmètre)

L'appareillage est en exploitation depuis fin juillet 1958, sans défaillance. Le dépouillement des tracés des galvanomètres est assez simple. Le champ est en général très stable, aux environs

de 1 à 2 volts par centimètre et s'y maintient pendant plusieurs journées consécutives, voire pendant des semaines. Cependant on note des phénomènes de variation diurne signalés par tous les auteurs et qui semblent sans intérêt pour notre étude. Les accidents qui apparaissent sont toujours très nets, avec passage à de grandes valeurs (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de volts), avec des inversions de sens, et correspondent à des perturbations météorologiques caractéristiques :

- Précipitations

- Passages de fronts (changements de masses d'air) au voisinage du sol ou en altitude.

- Phénomènes orageux.

Ces constatations qui, d'emblée, font apparaître une corrélation très serrée entre les accidents du champ et les perturbations, nous ont incités à présenter, dès septembre 1958, en collaboration avec Mr le Docteur LEPOIRE, une communication au Congrès International de Météorologie Alpine de GARMISH PARTENKIRSCHEN.

L'appareillage a d'ailleurs satisfait dans l'ensemble aux conditions que nous nous étions imposées. L'expérience ayant montré qu'il était plus intéressant de réduire le rapport des sensibilités des deux chaines d'enregistrement, elles ont été ajustées de façon à procurer la déviation maximum, respectivement pour 5 V/cm et pour 100 V/cm, soit un rapport de sensibilités de 20. C'est ainsi qu'ont été effectués les enregistrements qui, dépouillés, ont servi à l'Etude qui va être rapportée, Section III.

On a laissé de côté, ce faisant, l'étude des plus fortes perturbations, pour lesquelles on n'a remarqué jusqu'ici aucune coïncidence particulière. On a en même temps facilité beaucoup le dépouillement. Il est juste de dire que nous sommes loins d'avoir pû exploiter toutes les possibilités d'analyse fine ainsi offertes. Nous avons dû nous contenter de coder les accidents marquants du champ.

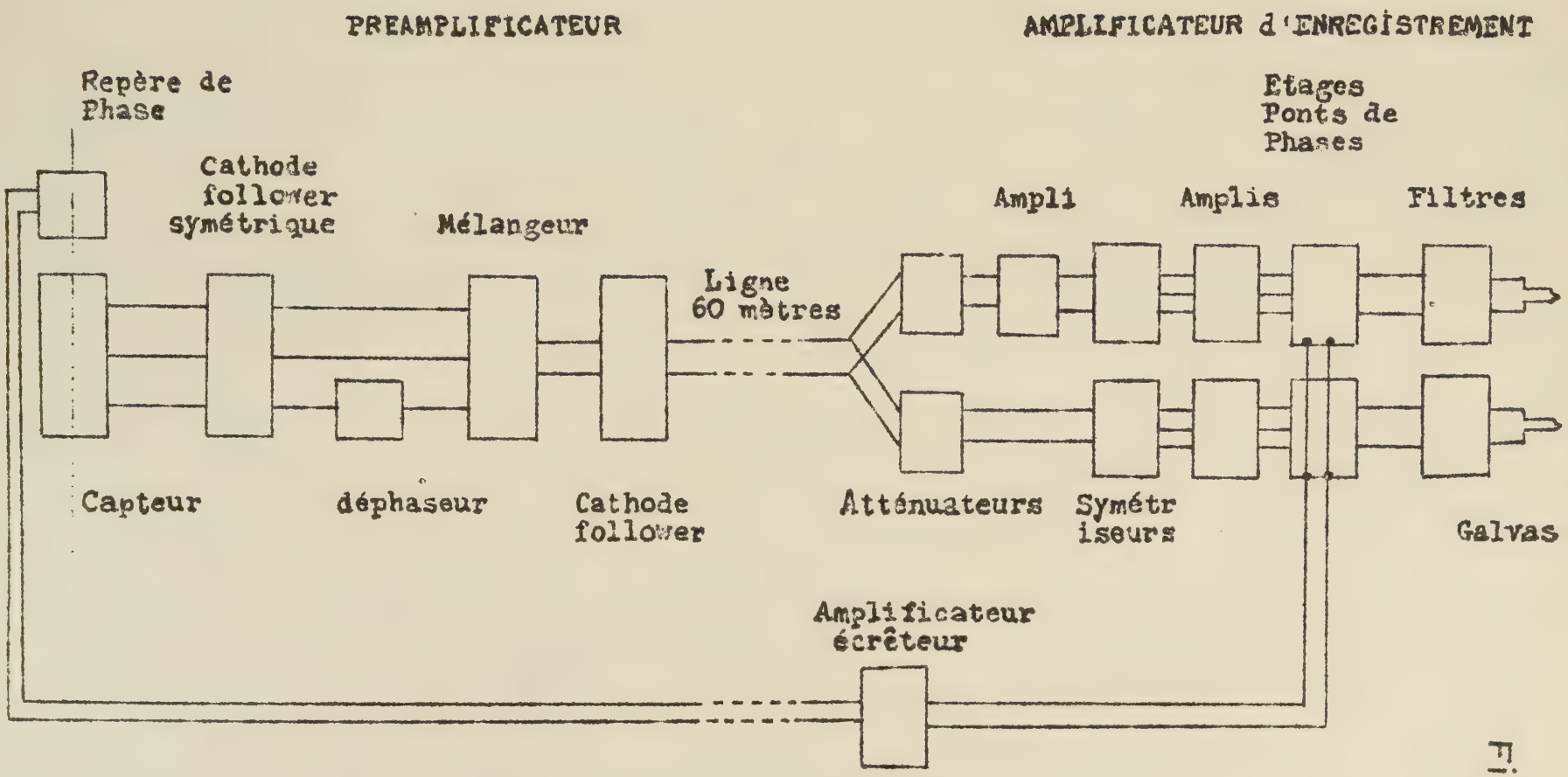
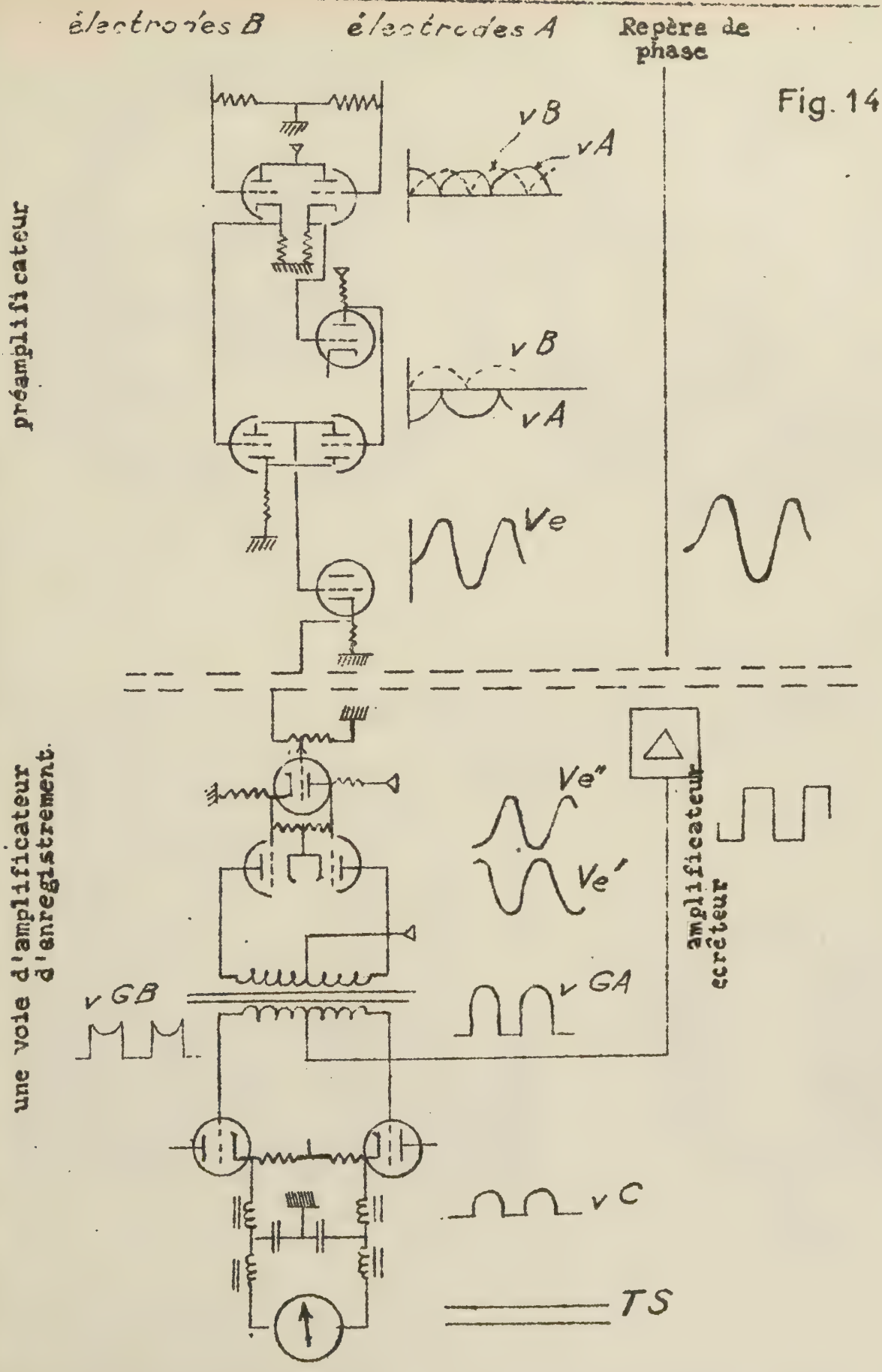


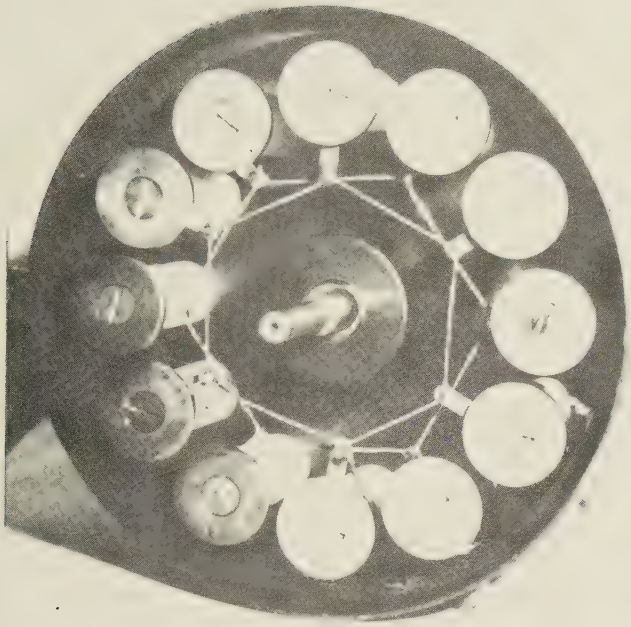
Fig. 13

SCHEMA FONCTIONNEL. Ensemble de l'appareillage d'enregistrement à deux sensibilités

Schema très simplifié des différentes fonctions de la chaine électronique

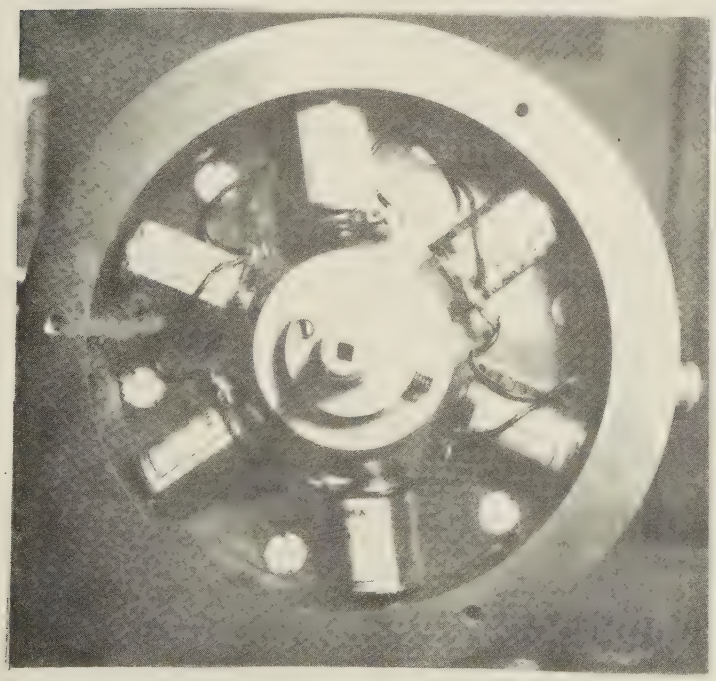


Quelques photographies du capteur

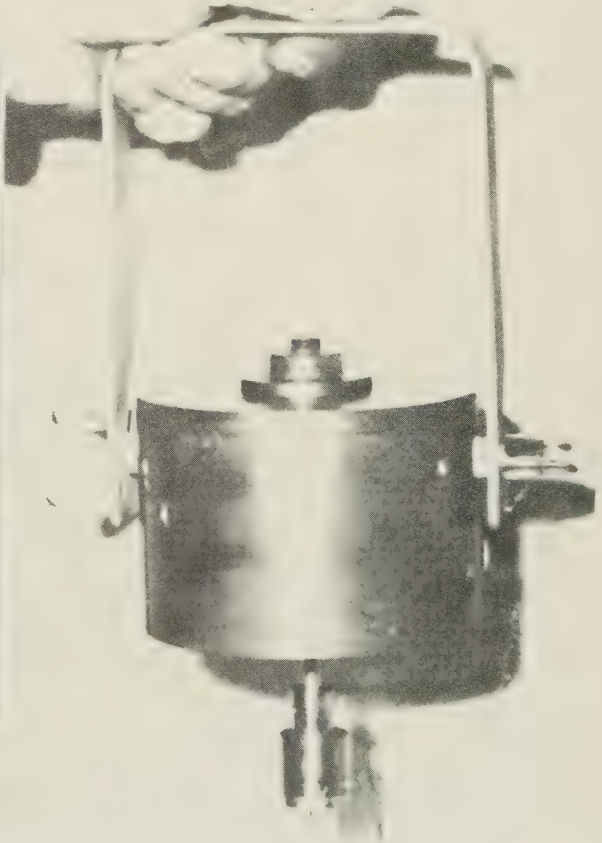


a) vue inférieure - occultateur retiré - les deux électrodes (6 pastilles chacune) sont visibles.

b) l'occultateur en place, on aperçoit les électrodes à travers les orifices de l'occultateur.



c) le dispositif de repérage de phase - on voit les 6 bobines connectées en série - l'aimant tournant est en face de **la bobine N.W.**



d) vue du capteur monté - en bas le collecteur de mise à la masse - en haut le raccord du cable d'entrainement

SECTION III

ETUDE METEORO PATHOLOGIQUE

- Etude directe et description des évènements météoro-pathologique - tableau récapitulatif.

- Recherche directe d'une corrélation évidente.

- Annexe : calcul d'un coefficient de corrélation.

Il est bien difficile de prévoir jusqu'où les méthodes physiques (en entendant naturellement ce terme dans son sens le plus général) peuvent mener la Biologie et surtout la Médecine. Mais le certain c'est qu'à peu près aucun progrès n'est possible sans elles et que le terme de ce voyage à deux est encore bien éloigné.

Professeur André DOGNON :

(BIOLOGIE ET MEDECINE DEVANT LA SCIENCE EXACTE. - P. 7.)

ETUDE DIRECTE ET DESCRIPTION DES EVENEMENTS METEORO - PATHOLOGIQUES

Entre le 2 Août et le 30 Octobre 1958, nous avons pu réunir des observations climatiques complètes et des observations cliniques consistantes. Ces dernières ont porté sur une somme de malades répartis en divers Etablissements. Le tableau ci-dessous rend compte de l'aspect administratif de cette enquête :

Mois d'Août 1958

Etablissement	Nb. de malades	Période d'observation	Nb. de feuilles
Sana Bois de l'Ours	24	mois	2
Sana des Neiges	104	"	1
Sana Chantoiseau	49	"	2

Mois de Septembre 1958

Etablissement	Nb. de malades	Période d'observation	Nb. de feuilles
Sana Bois de l'Ours	12	mois	1
Sana des Neiges	66	15-20 et 22-26	1
Sana Chantoiseau	67	mois	3

Mois d'octobre 1958

Etablissement	Nb de malades	Période d'observation	Nb. de feuilles
Sana Bois de l'Ours	12	mois	1
Sana des Neiges	58	1er au 19	1
Hôpital Civil	30	mois	1

Comme on le voit, les groupes de malades ne sont pas restés invariables, mais ceci tient surtout au fait qu'il a fallu éliminer complètement de nombreuses feuilles d'observations pour des raisons exposées plus haut. Sur 27 feuilles reçues pendant cette période, nous n'avons pu en conserver que 13.

Toutes les feuilles conservées comportent des "trous" (dimanche - congés ...) et, pour pouvoir tracer les courbes des phénomènes pathologiques, nous avons dû interpréter, jour par jour, en appliquant des coefficients de pondération dépendant du nombre d'observations retenues comme exploitables, et rapportant l'indice journalier à un effectif théoriques total de 100 malades. Il nous a été impossible de réunir la moindre observation relative aux journées du 1er et 2 octobre 1958 et il subsiste là un "trou" complet, fort regrettable.

C'est à partir des renseignements ainsi obtenus qu'ont été tracées les courbes :

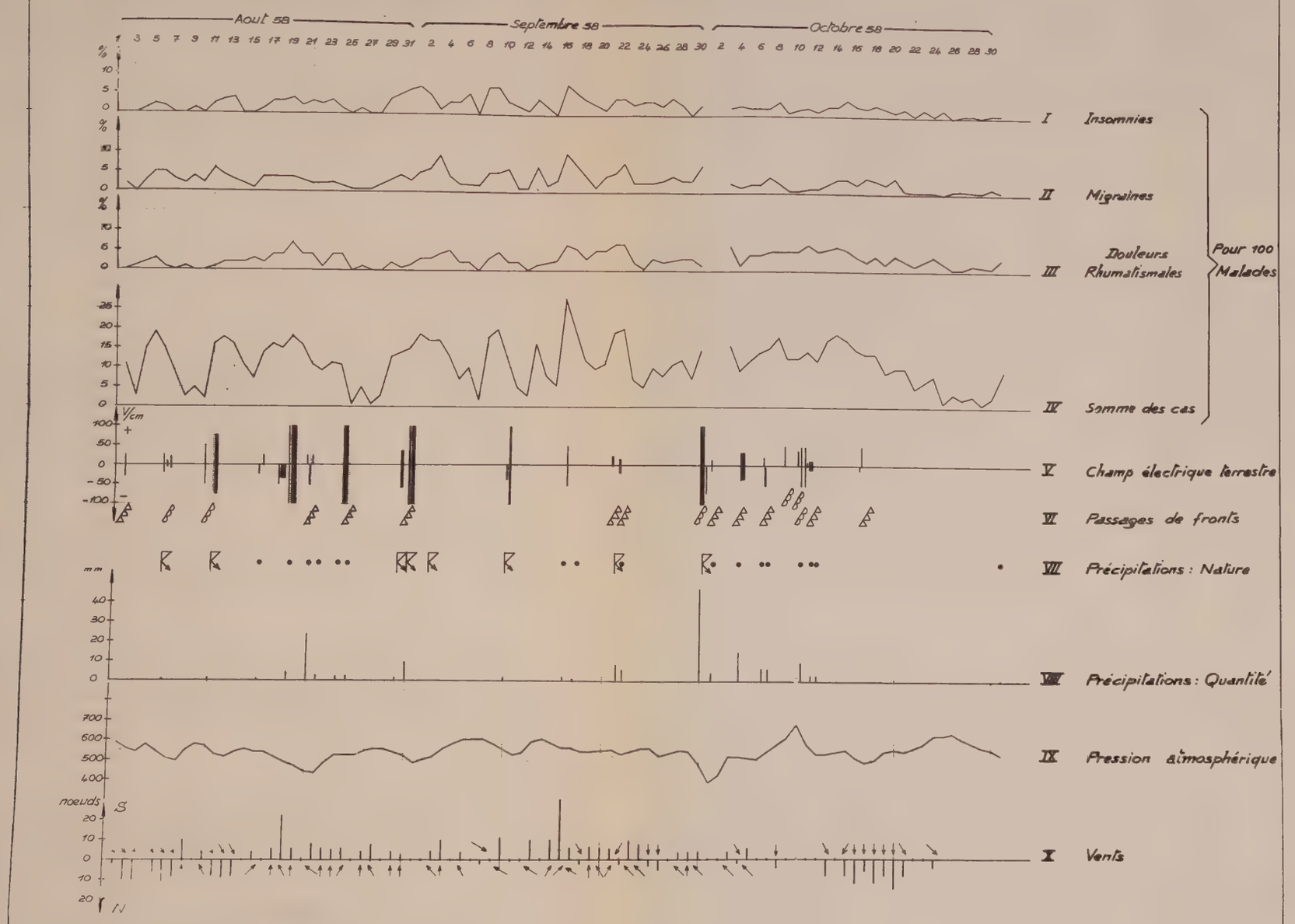
1 - Nombre de cas d'insomnies pour 100 malades

2 - " " de migraines "

3 - " " de douleurs rhumatismales, pour 100 malades.

4 - Somme des cas pathologiques entrant dans les catégories ci-dessus, plus quelques cas isolés de troubles digestifs et d'asthme (pour 100 malades) que l'on trouvera en annexe dans le tableau comparatif météoro-pathologique.

TABLEAU COMPARATIF METEORO-PATHOLOGIQUE



Au-dessous, dans ce même tableau, nous avons porté :

5 - les variations importantes du champ électrique terrestre

6 - les passages de fronts

7 - les précipitations - nature

8 - les précipitations - quantité

9 - la pression atmosphèrique

10 - les vents (vitesse et direction)

Des observations cliniques et météorologiques portant sur la période du 1er mars 1959 au 10 juin 1959, avec une interruption du 11 au 19 mars, ont également pu être réunies, Nous ne possédons pas toutes les données qui auraient été nécessaires pour dresser un tableau comparatif semblable à celui que nous venons de citer. Mais nous possédons tous les chiffres correspondants à

1 - la somme des cas pathologiques ramenés à 100 malades

2 - les variations du champ électrique terrestre.

Grâce à cet ensemble de connaissances validées portant sur un total de 182 jours (89 en 1958 et 93 en 1959) nous avons pu, en plus de l'analyse qui va suivre, et qui se rapporte aux 89 jours de 1958, tenter de définir par le calcul un coefficient de corrélation entre les deux variables précitées.

Nous allons essayer d'analyser, par examen direct, les particularités des courbes de cas pathologiques, en notant les phénomènes atmosphériques correspondant à ces particularités.

On décèle assez facilement sept périodes de paroxysmes pathologiques :

- du 4 au 6 août 1958 : L'accroissement de troubles pathologiques s'est manifesté pour toutes les affections observées :

migraines
insomnies
douleurs rhumatismales.

Sur le plan météorologique, nous avons constaté :

a - les deux jours précédents : rien

b - pendant cette période :

- rien le 4 et le 5

- accident de champ électrique dans la nuit du 6 au 7 (- 18 V/cm et + 25 V/cm)

- Passage d'un front chaud dans la nuit du 6 au 7
- Orage dans la nuit du 6 au 7 avec faible précipitation (0, 1 mm)

c - Les deux jours suivants :

Un accident de champ correspondant encore à un passage de front.

- Du 10 au 14 août : Augmentation des troubles pathologiques, dûe surtout aux migraines et aux insomnies, avec une certaine participation des douleurs rhumatismales.

Sur le plan météorologique :

a - les deux jours précédents : rien

b - pendant cette période :

- Le 10, accident de champ important (-56 et + 52 V/cm) à 16 heures, avec passage d'un front chaud en altitude.

- Le 11, accidents de champ de 16 à 22 heures. Grandes oscillations entre - 70 et + 80 V/cm
Pluie le 11 au soir, avec précipitation de 0, 6 mm.

c - Les deux jours suivants : rien.

Pendant toute cette période, vents de Sud légers puis vent du Nord à partir du 11.

- Du 16 au 21 août : Paroxysme pathologique pour toutes les affections considérées, avec un clocher le 19 pour les douleurs rhumatismales et les insomnies.

Sur le plan météorologique :

a - les deux jours précédents : Inversion des vents qui passent de secteur Nord à secteur Sud.

b - Pendant cette période :

Le 16, à 12 heures, accident de champ (-24 et + 18 V/cm) coïncidant avec un orage en altitude.

Pluie, le 16, à 10 heures et à 13 heures (0, 2 mm)

Le 17, précipitation de 0, 9 mm, l'après-midi.

Le 18, à 11 heures, accident de champ, lancée négative (- 46 V/cm) coïncidant avec un orage en altitude, sans précipitation à la station.

Le 19, accidents de champ dans la journée : A 2 heures, 4 heures, 8 heures, accidents négatifs de - 20 à - 30 V/cm, puis, à partir de 10 heures, oscillations dépassant 100 V/cm dans les deux sens.

Pluies intermittentes à partir de 10 heures et jusqu'à 18 heures (précipitation totale : 4, 3 mm).

Vents du Sud : 22 Noeuds.

Le 20, rien

Le 21, accidents de champ :

- à 6 h. (+ 22 V/cm)

- à 10 h. (- 44 V/cm)

- à 13 h. (+ 20 V/cm)

Front froid en altitude à 10 h.

Précipitation abondante de 9 h à 24 h (23, 5 mm d'eau)

c - Les deux jours suivants :

Pluie le 22 vers 16 h (2, 3 mm).

- Du 29 Août au 3 septembre : Recrudescence des accidents pathologiques portant sur toutes les affections observées, avec cependant, le 3 sept. minimum marqué des insomnies et augmentation du nombre des migraines.

Du point de vue météorologique :

a - les deux jours précédents : rien

b - le 29 rien.

le 30 accident de champ à 18 h, 40 (-50 + 46)

Orage local à 18 h, 40 avec précipitation de 1, 4 mm.

Le 31, saturation de l'appareil d'enregistrement indiquant dans les deux sens, un champ très supérieur à 100 V/cm.

Ces oscillations se produisent de 14 à 18 heures.

Passage de front froid en altitude vers 15 heures

Orage de 15 à 16 heures (9, 3 mm d'eau)

- Le 1er septembre, rien.

- Le 2 septembre, faible orage dans la nuit du 2 au 3

- Le 3 septembre, rien.

c - Les deux jours suivants : rien.

- Du 16 au 22 septembre : recrudescence générale des troubles pathologiques.

Du point de vue météorologique :

a - les deux jours précédents : rien

b - Pendant la période considérée :

- Le 16, accident de champ - (+ 38 - 50 V/cm)
à 18 h, 30
Pluie à 18 h, 30 - (1, 4 mm)
Vent à 18 h -30 Noeuds WSW

- Le 17 , pluie dans la journée - (0, 9 mm)

- Le 21, accident de champ à 10 heures (+ 23 V/cm)

Front froid en altitude.

- Le 22, Orage dans la nuit du 21 au 22 (8, 9 mm)

Accident de champ dans la matinée

à 10 heures (- 18 à + 16 V/cm) coïncidant avec le passage d'un front froid en altitude.

Pluie dans la matinée (5, 9 mm)

c - Les deux jours suivants : rien.

- Du 30 septembre au 17 octobre : Augmentation de tous les cas pathologiques, avec brusque recrudescence le 30 septembre des migraines et insomnies.

Du point de vue météo :

a - les deux jours précédents : rien.

b - pendant la période considérée :

- Le 30 septembre. Accidents du champ à partir de 15 heures

Saturation de l'enregistrement dans les deux sens indiquant des champs positif et négatif supérieur à 100 V/cm.

Front chaud en altitude.

Pluie intermittente à partir de 14 heures. Précipitation très abondante - (46, 6 mm).

Chute brutale de pression barométrique.

- Le 1er, accident de champ à 20 heures (+ 18 à - 4 V/cm)

Front froid en altitude

Pluie dans la soirée (4, 1 mm)

- Le 2 et le 3, remontée de la pression barométrique.

- Le 4, accidents de champ de 14 à 18 heures (- 30 à + 35 V/cm)

Front froid en altitude

Pluie dans l'après-midi (14, 6 mm)

- Le 5 rien.

- Le 6, pluie dans la nuit (6, 7 mm)

- Le 7 accidents du champ de 7 heures à 11 heures (+ 20 à 45)

  Front froid en altitude.

  Pluie dans la matinée (6, 2 mm)

- Le 8, rien

- Le 9, accident du champ, lancée positive (+ 44)

  Front chaud en altitude

  Pas de précipitation.

- Le 10, accidents du champ

  A 17 heures (+ 34 à - 10 V/cm)

  A 21 heures (+ 50 à - 48 V/cm)

  Front chaud en altitude à 17 heures.

  Pluie dans la nuit du 10 au 11 (9, 6 mm)

- Le 11 et le 12, faibles accidents du champ

  de + 20 à - 20, depuis 18 heures le 11 jusqu'à 10 heures le 12

  Pluie dans la même nuit et dans la journée du 12 (4, 5 mm)

- du 13 au 16, vent ayant tourné au nord et s'y maintenant, provoquant un abaissement sensible des températures minimales, de l'ordre de 6 degrés.

- Le 17 accident du champ (+ 50 V/cm) à 6 heures.

c - Les deux jours suivants : rien.

RECHERCHE DIRECTE D' UNE CORRELATION EVIDENTE

De l'étude précédente, on peut conclure à l'existence certaine d'une corrélation entre accidents pathologiques et accidents météorologiques.

D'une part les périodes d'accroissement du nombre de cas de malaise sont, dans l'ensemble, caractérisés par des troubles météorologiques comportant le plus souvent l'association :

1 - de variations importantes du champ électrique terrestre.

2 - de passages de fronts

3 - de précipitations à caractères plus ou moins orageux

4 - dans certains cas, de vents importants : Les deux forts vents du Sud observés le 19 Août (22 noeuds) et le 16 Septembre (30 noeuds) coïncident avec des clochers très nets dans les courbes des phénomènes pathologiques . Le rapprochement est naturel avec le " syndrome du vent du midi " observé et décrit par Mouriquand et ses élèves (Lyon Médical 1925).

D'autre part les jours qui précèdent ou suivent ces périodes sont généralement vierges d'accidents météorologiques et les minimums d'observations pathologiques se situent, à l'exception de la journée du 25 Août, dans les périodes d'accalmie météréologiques, par exemple :

du 8 au 10 Août
du 4 au 8 Septembre
du 11 au 15 Septembre
du 23 au 29 Septembre
du 20 au 29 Octobre

périodes pendant lesquelles le temps est resté au beau fixe.

Il est intéressant de remarquer que le champ électrique terrestre semble fournir à lui seul des indications suffisantes. Toutes les variations prolongées et importantes du champ électrique terrestre coïncident avec des maxima pathologiques, même si elles ne sont pas accompagnées de précipitations importantes. Par ex. emple :

- Les 10 - 11 - 12 août, la variation du champ fût très grande (+ 90 à - 70 V/cm) alors que la précipitation orageuse était très faible

- le 30 août, (- 50 à + 46 V/cm) avec précipitation orageuse de 1, 4 mm

- le 10 septembre (- 30 V/cm et + 44 à - 52 V/cm) avec précipitation de 1, 6 mm.

Une exception : le 25 août - 0ù l'on constate des accidents de champ nombreux et amples (- 50 à + 50). Cette exception présente un caractère unique et si elle n'existait pas, la concordante semblerait frappante.

Il semble, après cette étude, que les renseignements fournis par l'enregistrement continu du champ électrique terrestre puissent, en partie, tenir lieu d'observations météorologiques pour une étude météoro-pathologique. Toute précipitation notable, tout passage de front, tout phénomène orageux, est détecté par une modification nette du tracé. L'examen du tableau récapitulatif met ces faits en évidence.

D'autre part, il ressort de notre essai de corrélation que les maxima de phénomènes pathologiques coïncident pratiquement toujours avec les variations notables, et prolongées, du champ électrique terrestre.

Cependant cette corrélation n'est satisfaisante que si l'on accepte un "étalement" des phénomènes pathologiques (dont l'horaire d'apparition et de disparition est assez flou, et non noté) par rapport aux accidents météorologiques dont la chronologie est précise.

L'étalement normal résultant de nos observations est de l'ordre de + ou - 24 heures.

Pour illustrer ceci :

1 - les 5 et 9 septembre, les clochers pathologiques ont précédé de 24 heures les perturbations du champ.

2 - la concordance peut être considérée comme excellente les :
11 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 - 31 août
14 - 21 - 22 - 30 septembre

3 - les clochers pathologiques ont prolongé les perturbations du champ les :

13 août
1 - 2 - 3 septembre

Par contre les minima d'observations pathologiques se situent, à l'exception de la journée du 25 août, dans des périodes d'accalmie météorologique caractérisée en particulier par la stabilité du champ.

Une situation un peu spéciale est apparue au début du mois d'octobre où, les accidents météorologiques étant très rapprochés, les clochers pathologiques sont masqués. On a, en fait, un plateau dont il n'est pas surprenant qu'il se prolonge jusqu'au 18 octobre.

Il nous a semblé que la décroissance anormalement lente observée du 18 au 30 octobre serait un phénomène secondaire consécutif à la baisse brutale de la température à partir du 13. On a noté alors sur les fiches d'observations l'apparition de nombreuses rhinites et sinusites entrainant céphalées, etc...

Le fait que nous ayions dégagé ces conclusions ne veut pas dire que nous les considérions comme absolument valables.

La période d'observation est beaucoup trop courte à notre avis et comporte, ce qui est plus grave un caractère insuffisamment précis en ce qui concerne la clinique. La période de temps sur

laquelle devraient porter les observations pour que l'on puisse édifier une théorie valable se chiffre, à notre avis, en années. Il serait alors possible de présenter les résultats sous une forme assimilable par un calculateur programmé en corrélateur qui pourrait dégager certaines conclusions susceptibles de conduire à l'énoncé de cette théorie. C'est le programme que nous nous somme tracés, au Centre Briançonnais de Recherches Bio-Climatiques, et que nous poursuivons actuellement.

Les observations météorologiques sont, à l'heure actuelle, prises dans de bonnes conditions, mais les observations cliniques continuent à nous poser des problèmes ardus.

Nous avons effectué une tentative en notant, au Lycée d'Altitude, les crises d'asthme chez 30 jeunes lycéens des villes envoyés à Briançon pour cette affection. Les élèves n'ayant pas le droit de détenir des médicaments, on peut considérer théoriquement que le diagramme de la consommation de suppositoires de Théophyline au Lycée d'Altitude correspond au diagramme des crises d'asthme chez les élèves.

Partant de là nous avons effectué une étude suivie pendant l'année scolaire 1958-1959, et ceci grâce à l'obligeance de l'infirmière de cet Etablissement. On constate que les recrudescences notables des crises se situent du 3 mai au 9 juin 1959, période de pollinisation. Nous avons donc retrouvé là un phénomène bien connu. Les tentatives de corrélation avec d'autres facteurs athmosphériques n'ont donné, jusqu'à maintenant, aucun résultat. Mais nous devons signaler que ces asthmes sont, le plus souvent, d'origine allergique, et répondent donc, électivement, à leur allergène.

A N N E X E

ESSAI DE CALCUL D'UN COEFFICIENT DE CORRELATION

Entre :

- les pourcentages de cas pathologiques, déduits des observations journalières sur une moyenne de 150 malades

- et les variations du champ électrique terrestre.

La probabilité pour qu'une règle biologique soit vérifiée ne peut guère dépasser celle qui est fixée par le membre d'expériences que nous en avons (p.44)..

.... L'existence ou l'absence de Lois est donc avant tout une affaire de nombre, c'est-à-dire d'échelle d'observation (p. 80)

Professeur André DOGNON
(BIOLOGIE & MEDECINE
DEVANT LA SCIENCE EXACTE)

Comme nous l'avons exposé, il restera beaucoup à faire pour avoir des "valeurs cliniques" dont la "qualité de mesure" nous satisfasse.

Mais les constatations que nous avons faites par examen direct sont suffisamment "optimistes" pour justifier un calcul du coefficient de corrélation entre les deux variables : pourcentage de cas pathologiques, anomalies du vecteur champ.

Bien que le champ électrique terrestre soit un vecteur, il n'est pas pour autant facile de lui donner une expression fonctionnelle. En effet, la plupart du temps, le champ reste invariable ou presque aux environs de 1 volt/cm et, pendant quelques heures par mois (environ 27 en août 1958 ∂, en septembre, 16 en octobre, 13 en mars 1959 pour 22 jours , 11 en avril, 25 en mai, 9 en juin pour 10 jours) il se met à évoluer brusquement et prend des valeurs allant couramment de 10 à 100 (ou plus) volts/cm.

Il est d'ailleurs assez rapidement évident qu'il serait vain de rechercher un lien entre ces nombres d'heures d'activité du champ et les nombres de malades.

Par contre une certaine correspondance de dates étant apparue, on peut convenir que le champ électrique sera représenté par zéro les jours sans activité et, les autres jours, par un autre nombre, dépendant ou non de la durée des accidents et de leur amplitude approximative.

On peut également admettre qu'un accident du champ doit correspondre à une recrudescence de cas pathologiques pendant 1 jour avant et 1 jour après et rechercher une corrélation dans ce sens.

On peut admettre qu'un certain nombre de malades, en dessous d'un certain seuil, ne sont pas affectés par le champ, et rechercher une corrélation dans ce sens. etc... etc...

Le calcul même est conduit par l'emploi de la formule classique :

Coefficient de corrélation entre les deux variables i et j dont les valeurs journalières X_i et X_j sont considérées comme validées

$$r_{ij} = \frac{\sum X_i X_j - \left(\sum X_i\right)\left(\sum X_j\right)/N_{ij}}{\sqrt{\left[\sum\left(X_i^2\right) - \left(\sum X_i\right)^2/N_{ij}\right]\left[\sum\left(X_j^2\right) - \left(\sum X_j\right)^2/N_{ij}\right]}}$$

(Toutes les sommes portent sur des mesures dont l'indice ne figure pas dans les formules. Les indices des formules sont ceux des variables).

Cette notation est identique à celle utilisée dans le programme d'analyse statistique CMB 7003 pour calculateur Γ (Cie BULL - 1959)

Mais avant de donner des résultats de calcul, nous considérons comme fondamental de ne pas perdre de vue deux théorèmes, plus une remarque, que nous extrayons du cours de PROBABILITES ET STATISTIQUES professé à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique par Monsieur J. BASS

Théorème - Pour que $|r|$ (module du coefficient de corrélation) soit égal à 1, il faut et il suffit que, entre X_i et X_j, il existe une relation fonctionnelle linéaire.

Théorème - Si X_i et X_j sont indépendantes $r = 0$.

Remarque - Réciproquement, si $r = 0$, il n'est pas sur que X_i et X_j soient indépendantes.

Si $r \neq 0$, on dit que X_i et X_j sont corrélées.

$r = 0$ signifie que X_i et X_j sont "non corrélées" mais non nécessairement indépendantes.

Il n'en résulte pas moins que si $r = 0$, on a des raisons de penser que X_i et X_j pourraient être indépendantes ou tout au moins que la dépendance stochastique entre X_i et X_j est très faible.

Si au contraire le module de r est égal à 1, on est sûr que X_i et X_j sont liées par une relation fonctionnelle linéaire. Si donc, $|r|$ est voisin de 1, on doit penser que la liaison entre X_i et X_j est forte, c'est-à-dire que la connaissance de X_i entraine celle de X_j avec très peu d'incertitude.

Le coefficient de corrélation est donc un moyen simple pour étudier la dépendance entre deux variables aléatoires. Il permet le plus souvent de conclure en première approximation sur la nature de la liaison stochastique.

Avec les données que nous possédions, nous avons effectué le calcul du coefficient de corrélation en chiffrant les X_i et les X_j de diverses façons, 9 en tout et les valeurs extrêmes trouvées pour ce coefficient sont + 0,210 et + 0,288. Il semble donc que les manipulations que nous avons effectuées sur les X_i et les X_j aient été assez prudentes.

TABLEAU DE CALCUL DU COEFFICIENT DE CORRELATION

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$\sum X_i \cdot X_j$	4 830	2 308	2 525	9 878	3 880	2 153	2 838	475	879
$\sum X_i$	2 350	990	1 360	2 350	2 350	1 200	1 200	1 200	1 200
$\sum X_j$	319	169	150	644	270	270	319	55	105
$\sum (X_i^2)$	35 430	13 702	21 748	36 450	35 450	11 864	11 864	11 864	11 864
$\sum_j (X^2)$	2 354	1 305	1 049	13 040	1 007	1 007	2 431	55	237
$\sum X_i \sum X_j$	749 650	163 350	204 000	1 513 400	634 500	324 000	382 800	66 000	126 000
$(\sum X_i)^2$	5 520 000	980 100	1 849 600	5 520 000	5 520 000	1 440 000	1 440 000	1 440 000	1 440 000
$(\sum X_j)^2$	101 761	22 561	22 500	13 040	72 900	72 900	101 761	3 025	11 025
N_{ij}	182	89	93	182	182	182	182	182	182
N	679	473	332	1 566	394	373	736	112	187
D^2	8 884 736	2 689 308	1 501 827	56 128 603	2 976 463	2 395 518	7 396 063	150 314	695 728
D	2 980	1 640	1 225	7 425	1 725	1 550	2 723	388	834
R_{ij}	+ 0,232	+ 0,288	+ 0,271	+ 0,210	+ 0,228	+ 0,241	+ 0,270	+ 0,288	+ 0,223

Le tableau comporte en 1ère colonne les symboles utilisés dans la formule donnant le coefficient de corrélation, ainsi que les symboles N, D, D^2 signifiant respectivement :

- numérateur du second membre de la formule,
- dénominateur
- carré du dénominateur.

Précisons que X_i désigne le terme courant de la variable i : nombre de cas pathologiques pour 100 malades, que X_j désigne le terme courant de la variable j caractérisant le champ électrique terrestre.

Ensuite : $\sum X_i \, . \, X_j$ désigne la somme des produits des valeurs simultanées validées des deux variables

Les autres sommes sous le signe $\sum$ ne nécessitent pas d'explication.

N ij est le nombre des couples de valeurs validées.

En face des symboles, on donne neuf groupes de valeurs correspondants à des conventions particulières sur la façon d'exprimer les X_i et les X_j à partir des grandeurs dépouillées Voici la liste de ces combinaisons!.

Colonne 1 : Période d'observation : 182 jours
X_i est le nombre de cas pathologiques (total journalier pour 100 malades)
X_j est la valeur maximum journalière du champ (module)

Colonne 2 : Période d'observation : 89 jours
Août-septembre-oct. 1958)
X_i et X_j, comme ci-dessus

Colonne 3 : Période d'observation : 93 jours
Mars-avril-mai-juin 1959
X_i et X_j, comme pour la colonne 1

Colonne 4 : Période d'observation 182 jours
X_i est chiffré comme en colonne 1
X_j est le produit(module) le la valeur journalière (maximum) du champ par la durée de l'accident.

Colonne 5 : Période d'observation 182 jours
X_i est chiffré comme en colonne 1
X_j est estimé comme ci-dessus pour le jour comportant l'accident de champ. On compte X_j pour 1 la veille et le lendemain.

Colonne 6 : Période d'observation 182 jours
X_i est chiffré en soustrayant chaque jour un nombre de cas constant
X_j est chiffré comme pour la colonne 5 ci-dessus.

Colonne 7 : Période d'observation 182 jours
X_i est chiffré comme pour la colonne 6 ci-dessus
X_j est chiffré comme en colonne 1.

Colonne 8 : Période d'observation 182 jours
X_i est chiffré comme pour la colonne 6
X_j est codé 1 ou zéro, selon qu'il y a ou non accident de champ.

Colonne 9 : Période d'observation 182 jours
X_i est chiffré comme pour 6
X_j est la durée de l'accident de champ, cotée de zéro à 3.

Prenant pour base la valeur moyenne $r_o = + 0,25$ on peut calculer l'erreur standard sur le coefficient de corrélation par la formule

$$s = \frac{1 - r_o^2}{\sqrt{N_o}}$$

où $N_o = 182$, nombre de couples validés.

Ceci donne $s \# + 0,07$

Pour un facteur de sécurité de 95°/$_{oo}$ on fera $K = 2$ dans la formule

$$r_1 = r_o \pm K s$$

qui donne les limites de confiance du coefficient de corrélation. Celles-ci sont respectivement + 0,11 et + 0,39, de même signe et non négligeables.

Et ceci nous incite à continuer nos mesures sur un temps beaucoup plus long et en les perfectionnant.

CONCLUSION

CONCLUSION

Nous avons entrepris l'étude et la réalisation d'un ensemble "capteur-enregistreur du champ électrique terrestre" capable de fournir un enregistrement continu et fidèle des variations du vecteur Champ électrique terrestre.

L'ensemble que nous avons constitué, et qui est exploité en permanence depuis le 1er août 1958, comporte :

- en une première implantation, extérieure, sur la terrasse métallique de l'Hôpital civil de Briançon :

  . une sonde captrice, son moteur, sa potence support

  . un préamplificateur différentiel

- en une seconde implantation, dans le Laboratoire du Centre Briançonnais de recherches bio-climatiques :

  . un amplificateur-détecteur, comportant deux voies de sensibilités différentes (rapport 100)

  . deux galvanomètres enregistreurs à style dont les inscriptions matérialisent, en deux gammes, les variations du champ électrique terrestre entre 0, 1 et 1 000 volts par centimètre, en mettant en évidence le signe de ce champ.

Le dépouillement des tracés fait apparaître des accidents, toujours très nets et correspondants à des perturbations météorologiques caractéristiques :

- passages de fronts (changements de masses d'air), au sol ou en altitude.
- précipitations
- phénomènes orageux

Grâce à des observations cliniques et des enregistrements du champ électrique terrestre effectués simultanément, a pu être ébauchée une étude de corrélation entre les phénomènes pathologiques et les variations du champ.

Cette tentative de corrélation a porté sur 182 jours pendant lesquels on a pu tenir compte d'observations cliniques sur un effectif total moyen de 150 sujets météorolabiles. Ceci nous a permis de calculer un coefficient de corrélation égal à + 0,25, dont les limites de confiance sont : + 0,11 et + 0,39.

Cette étude nous permet donc de penser qu'il existe une relation de corrélation appréciable entre le champ électrique terrestre et la fréquence des accidents pathologiques chez les sujets météorolabiles.

Vu, le Président de Thèse :

Professeur A. DOGNON

Vu, le Doyen de la Faculté

Professeur L. BINET

Vu et permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris :

J. SARRAILH

BIBLIOGRAPHIE

d'ARSONVAL, Préface du TRAITE de CLIMATOLOGIE BIOLOGIQUE & MEDICALE (Masson - 1934)

BASS (J). COURS de PROBABILITES & STATISTIQUES (Ecole Nationale Supérieure d'Aéronautique - 1954).

CHALMERS (J. Alan) ATMOSPHERIC ELECTRICITY (Pergamon Press. N-Y, London, Paris - 1957)

DARMOIS (Georges) STASTIQUES et APPLICATIONS (Armand Colin - 1941).

DOGNON (André) BIOLOGIE & MEDECINE DEVANT la SCIENCE EXACTE (Flammarion - 1948)

MAURAIN (Charles) LA FOUDRE Armand Colin 1948)

MISSENARD (André) l'HOMME & LE CLIMAT (Préface d'Alexis CARREL).

PIERY (M) (Ouvrage collectif, publié sous la Direction de) TRAITE de CLIMATOLOGIE BIOLOGIQUE ET MEDICALE (Masson. 1934)

ABBOT. FORECASTS of SOLAR VARIATION (Smithsonian miscellaneous coll. A 89 n° 5. 1933).

ARNAUD. CLIMATOLOGIE GENERALE (1872)

BERARD. DOCTRINE des RAPPORTS du PHYSIQUE et du MORAL (1823)

CARLES. (L.M.) CLIMATOLOGIE MEDICALE. Précis (1945)

CHAMPOUILLON. BUL. ACAD. MEDECINE (24 Nov. 1857)
GAZETTE des HOPITAUX (1857)

CHAUVEAU B. TRAITE de l'ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE
(Douin. 1922-25)

COURSAULT (R). IONISATION ATMOSPHERIQUE et ses EFFETS BIOLOGIQUES
(Gazette médicale de France t. 51 n° 155, 31 Jui. 1944).

CUVIER (Dr. G.). EFFETS BIOLOGIQUES de la PRESSION BAROMETRIQUE.
(Conf. du Palais de la Découverte 1950).

DUHOT (E.). LES CLIMATS & L'ORGANISME HUMAIN
(Presses Universitaires de France - Que sais-je - 1948)

GALIEN. DES TEMPERAMENTS. DES HUMEURS.

GAUTHIER PIGNONBLANC (Paul). FRONTOLOGIE MEDICALE & METEOROPATHOLOGIE
(Thèse n° 107. Lyon. 1948-49).

GEORGET. PHYSIOLOGIE du SYSTEME NERVEUX

GIRAUD. METEOROLOGIE. INFLUENCE ORGANIQUE

GUIZONNIER. CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE & PRESSION ATMOSPHERIQUE
(C.R. Acad. des Sciences 197- 1933 - p. 265).
THESE de Doctorat en-Sciences (Paris 1937)
SIMULITUDE des VALEURS JOURNALIERES du CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE et de GRANDEURS RELATIVES à la PHYSIQUE DU GLOBE.
(Ciel et Terre - Bull. de la Sté Belge d'Astronomie. n° 7 Jui. 1944)

HAURWITZ & AUSTIN. PRECIS de CLIMATOLOGIE (CLIMATOLOGY - N-Y. 1944).

JARLAN. LE SOLEIL & SES RADIATIONS (Collection Que Sais-je)

JOURDANET. AEROTHERAPIE. Application artificielle de l'Air des Montagnes au Traitement curatif des maladies chroniques.

KOPACZEWSKI TRAITE DE METEOROPATHOLOGIE (J.B. Baillière et Fils. Paris 1939)

LEFRERE (André). METEOROPATHOLOGIE (Thèse - n° 137 - Paris. 1939)

LEPOIRE F. & JARDEL J.-Cl. BREVET Français : DISPOSITIF d'ENREGISTREMENT du CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE (13/9/58)

LEPOIRE F. & JARDEL J-Cl. UN APPAREILLAGE de MESURE CONTINUE DU CHAMP ELECTRIQUE TERRESTRE. - QUELQUES RESULTATS OBTENUS à BRIANCON
(DK 551-508-94 - V° Congrès International de météorologie Alpine - GARMISCH PARTENKIRCHEN Sept. 1938)

MATHIAS. TRAITE d'ELECTRICITE ATMOSPHERIQUE et TELLURIQUE (Presses Universit. Paris. 1924).

MAURAIN. PHYSIQUE du GLOBE (Chap. V - 2° édition Armand Colin. Paris 1929)

MOURIQUAND, BERNHEIM, JOSSERAND. SYNDROME du VENT du MIDI CHEZ LE NOURRISSON (Lyon Médical - 16 Mai 1926).

MOURIQUAND & JOSSERAND. SYNDROMES METEOROPATHOLOGIQUES & INADAPTES URBAINS. (Masson. 1935)

NOGIER. Avenir Médical Déc. 1926 p. 280/283

SAVIGNON (L.). METEOROPATHOLOGIE (Thèse Paris n° 891-1935)

TCHIJEWSKY (A.L. de). TRAVAUX BIOLOGIQUES sur l'IONISATION (1925-1931 Moscou)

VASSY (Mme A.). APPAREIL ENREGISTREUR DONNANT LA CONCENTRATION de l'OZONE DANS L'AIR (Geofisica pura e aplicata. Milano. Vol 39 1958-1 - pp. 164. 173.

AGEMP
POLYCOPIE

8, rue Dante
PARIS-Ve

Téléphone : ODÉon 58-90